TEKNIK KONTROL

Untuk SMK/MAK Kelas XI

1

Penulis : **Miftahu Soleh**

Editor Materi : **Sudaryono**

Editor Bahasa :

Ilustrasi Sampul :

Desain & Ilustrasi Buku : **PPPPTK BOE MALANG**

Pusat Pengembangan & Pemberdayaan Pendidik & Tenaga Kependidikan Bidang Otomotif & Elektronika:

Jl. Teluk Mandar, Arjosari Tromol Pos 5, Malang 65102, Telp. (0341) 491239, (0341) 495849, Fax. (0341) 491342, Surel: vedcmalang@vedcmalang.or.id Laman: www.vedcmalang.com

DISKLAIMER (*DISCLAIMER*)

Penerbit tidak menjamin kebenaran dan keakuratan isi/informasi yang tertulis di dalam buku tek ini. Kebenaran dan keakuratan isi/informasi merupakan tanggung jawab dan wewenang dari penulis.

Penerbit tidak bertanggung jawab dan tidak melayani terhadap semua komentar apapun yang ada didalam buku teks ini. Setiap komentar yang tercantum untuk tujuan perbaikan isi adalah tanggung jawab dari masing-masing penulis.

Setiap kutipan yang ada di dalam buku teks akan dicantumkan sumbernya dan penerbit tidak bertanggung jawab terhadap isi dari kutipan tersebut. Kebenaran keakuratan isi kutipan tetap menjadi tanggung jawab dan hak diberikan pada penulis dan pemilik asli. Penulis bertanggung jawab penuh terhadap setiap perawatan (perbaikan) dalam menyusun informasi dan bahan dalam buku teks ini.

Penerbit tidak bertanggung jawab atas kerugian, kerusakan atau ketidaknyamanan yang disebabkan sebagai akibat dari ketidakjelasan, ketidaktepatan atau kesalahan didalam menyusun makna kalimat didalam buku teks ini.

Kewenangan Penerbit hanya sebatas memindahkan atau menerbitkan mempublikasi, mencetak, memegang dan memproses data sesuai dengan undang-undang yang berkaitan dengan perlindungan data.

Katalog Dalam Terbitan (KDT)
Mekatronika, Edisi Pertama 2013
Kementerian Pendidikan & Kebudayaan
Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik & Tenaga Kependidikan,
Th. 2013: Jakarta

KATA PENGANTAR

Penerapan kurikulum 2013 mengacu pada paradigma belajar kurikulum abad 21 menyebabkan terjadinya perubahan, yakni dari pengajaran (*teaching*) menjadi pembelajaran (*learning*), dari pembelajaran yang berpusat kepada guru (*teachers-centered*) menjadi pembelajaran yang berpusat kepada peserta didik (*student-centered*), dari pembelajaran pasif (*pasive learning*) ke cara belajar peserta didik aktif (*active learning-CBSA*) atau *Student Active Learning-SAL.* Pujisyukur kami panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas tersusunnya buku teks ini, dengan harapan dapat digunakan sebagai buku teks untuk siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Bidang Studi Mekatronika

Buku teks "**TEKNIK KONTROL**" ini disusun berdasarkan tuntutan paradigma pengajaran dan pembelajaran kurikulum 2013 diselaraskan berdasarkan pendekatan model pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan belajar kurikulum abad 21, yaitu pendekatan model pembelajaran berbasis peningkatanketerampilan proses sains.

Penyajian buku teks untuk Mata Pelajaran "**TEKNIK KONTROL"** ini disusun dengan tujuan agar supaya peserta didik dapat melakukan proses pencarian pengetahuan berkenaan dengan materi pelajaran melalui berbagai aktivitas proses sains sebagaimana dilakukan oleh para ilmuwan dalam melakukan penyelidikan ilmiah (penerapan saintifik), dengan demikian peserta didik diarahkan untuk menemukan sendiri berbagai fakta, membangun konsep, dan nilai-nilai baru secara mandiriKementerian Pendidikan dan Kebudayaan,

Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, dan Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik dan Tenaga Kependidikan menyampaikan terima kasih, sekaligus saran kritik demi kesempurnaan buku teks ini dan penghargaan kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam membantu terselesaikannya buku teks Siswa untuk Mata Pelajaran Teknik Kontrol kelas XI Semester 1 Sekolah Menengah Kejuruan (SMK).

Jakarta, 12 Desember 2013
Menteri Pendidikan dan Kebudayaan

Prof. Dr. Mohammad Nuh, DEA

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL

Halaman

DAFTAR GAMBAR

Halaman

PETA KEDUDUKAN BAHAN AJAR

PETA KONSEP BIDANG KEAHLIAN TEKNOLOGI DAN REKAYASA PROGRAM KEAHLIAN TEKNIK ELEKTRONIKA PAKET KEAHLIAN TEKNIK MEKATRONIKA
MATA PELAJARAN TEKNIK KONTROL KELAS XI SEMESTER 1

Pengantar Teknik Kontrol
- Definisi dan Istilah
- Elemen-elemen kontrol
- Jenis desain sistem kontrol
- Media/peralatan sistem kontrol
- Software sistem kontrol
- Blok diagram

Teknik Digital
- Bentuk-bentuk sinyal
- Fungsi logika dasar
- Sakelar elektronika
- Desain logika
- Penyederhanaan fungsi logika
- Fungsi penyimpan
- Counter
- Sistem bilangan
- Pengubah sinyal

Rangkaian Kontrol
- Dengan komponen elektronika
- Dengan komponen elektromekanikal
- Dengan komponen pneumatik

Sensor
- Sinyal besaran ukur
- Kategori sensor
- Karakteristik sensor
- Rangkaian sensor
- Aplikasi rangkaian sensor

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Deskripsi

Mata Pelajaran Teknik Kontrol merupakan salah satu mata pelajaran yang termasuk dalam kelompok materi kompetensi kejuruan, yang dalam struktur kurikulum berada di dalam kelompok C3. Teknik Kontrol adalah tindakan yang bertujuan pada ataudalam prosesuntukmemenuhi tujuantertentu. Materi Teknik Kontrol terdiri dari empat kegiatan belajar (KB). KB1 tentang dasar-dasar teknik kontrol, KB2 tentang teknik digital, KB3 tentang sensor, dan KB4 tentang rangkaian kontrol.

1.2 Prasyarat

Peserta didik yang akan belajar Teknik Kontrol disarankan untuk menguasai terlebih dahulu Teknik Listrik dan Teknik Elektronika Dasar.

1.3 Petunjuk Penggunaan

Materi disajikan dalam bentuk Kegiatan belajar, setiap KB bisa diselesaikan dalam satu kali atau lebih tatap muka. Materi KB-1, KB-2, KB-3, dan KB-4 sebaiknya disampaikan secara urut.

1.4 Tujuan Akhir

Setelah selesai belajar teknik kontrol, peserta didik dapat membedakan kontrol open loop dan kontrol close loop, serta dapat merencanakan teknik kontrol untuk keperluan sehari-hari.

1.5 Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

Kompetensi inti dan kompetensi dasar untuk mata pelajaran Teknik Kontrol kelas XI semester 1, adalah sebagai berikut:

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.	1.1. Membangun kebiasaan bersyukur atas limpahan rahmat, karunia dan anugerah yang diberikan oleh Tuhan Yang Maha Kuasa. 1.2. Memilikisikap dan perilaku beriman dan bertaqwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlaq mulia, jujur, disiplin, sehat,

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
	berilmu, cakap, sehingga dihasilkan insan Indonesia yang demokratis dan bertanggung jawab sesuai dengan bidang keilmuannya. 1.3. Membangun insan Indonesia yang cerdas, mandiri, dan kreatif, serta bertanggung jawab kepada Tuhan yang menciptakan alam semesta. 1.4 Memiliki sikap saling menghargai (toleran) keberagaman agama, bangsa,suku, ras, dan golongan sosial ekonomi dalam lingkup global
2. Menghayati dan Mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif dan menunjukan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.	2.1 Menerapkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; bertanggung jawab; terbuka; peduli lingkungan) sebagai wujud implementasi proses pembelajaran bermakna dan terintegrasi, sehingga dihasilkan insan Indonesia yang produktif, kreatif dan inovatif melalui penguatan sikap (tahu mengapa), keterampilan (tahu bagaimana), dan pengetahuan (tahu apa) sesuai dengan jenjang pengetahuan yang dipelajarinya. 2.2 Menghargai kerja individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan percobaan dan melaporkan hasil percobaan 2.3 Memiliki sikap dan perilaku patuh pada tata tertib dan aturan yang berlaku dalam kehidupan sehari-hari selama di kelas dan lingkungan sekolah.
3.Memahami, menerapkan, menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural dan metakognitif berdasarkan rasa ingintahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni,	3.1 Menjelaskan lingkup teknik kontrol dan teknik pengaturan berdasarkan gambar blok diagram. 3.2 Menjelaskan sistem kontrol *opened loop* dalam kehidupan sehari-hari dan otomasi industri. 3.3 Menjelaskan sistem kontrol *closed loop* dalam kehidupan sehari-hari dan otomasi industri. 3.4 Menjelaskan konsep teknik digital yang meliputi gambar simbol, cara kerja, dan

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik sesuai untuk memecahkan masalah.	contoh aplikasinya 3.5 Menjelaskan konsep dasar sensor yang meliputi simbol, cara kerja dan aplikasi sensor di industri. 3.6 Menjelaskan kegunaan macam-macam sensor untuk aplikasi industri 3.7 Menjelaskan konsep kontrol rangkaian logika, direalisasikan menggunakan komponen elektronika 3.8 Menjelaskan cara kerja rangkaian kontrol dengan media elektronik, direalisasikan menggunakan komponen elektronika 3.9 Menjelaskan konsep kontrol rangkaian logika dengan media elektrik, direalisasikan menggunakan komponen elektromekanikal (relai) 3.10 Menjelaskan cara kerja rangkaian kontrol dengan media elektrik, direalisasikan menggunakan komponen elektromekanikal (relai) 3.11 Menjelaskan konsep kontrol dengan media udara, direalisasikan menggunakan komponen pneumatik 3.12 Menjelaskan cara kerja rangkaian kontrol dengan media udara, direalisasikan menggunakan komponen pneumatik.
4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif serta mampumelaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.	4.1 Membuat gambar blok diagram teknik kontrol (sistem dengan loop terbuka) dan teknik pengaturan (sistem dengan loop tertutup) 4.2 Menunjukkan contoh sistem kontrol *opened loop* dalam kehidupan sehari-hari dan otomasi industri. 4.3 Menunjukkan contoh sistem kontrol *closed loop* dalam kehidupan sehari-hari dan otomasi industri. 4.4 Menerapkan konsep teknik digital untuk menemukan solusi atas permasalahan di industri 4.5 Menunjukkan macam-macam sensor sesuai simbol dan cara kerjanya 4.6 Menggunakan sensor yang sesuai untuk aplikasi di industri.

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
	4.7 Menggambar rangkaian kontrol dengan komponen elektronika 4.8 Merangkai rangkaian kontrol dengan komponen elektronika pada papan percobaan 4.9 Menggambar rangkaian kontrol dengan komponen elektromekanikal (relai) 4.10 Merangkai rangkaian kontrol dengan komponen elektrik pada papan percobaan 4.11 Menggambar rangkaian kontrol dengan komponen elektromekanikal (relai) 4.12 Merangkai rangkaian kontrol dengan komponen pneumatik pada papan percobaan

1.6 Cek Kemampuan Awal

Untuk keperluan cek kemampuan awal peserta didik, maka dapat dilakukan dengan memberikan pretest sebelum materi pembelajaran. Demikian sebaliknya, setelah pembelajaran berakhir, maka sebaiknya diberikan post test. Dengan demikian dapat dilihat progres akademik dari setiap peserta didik.

BAB II
DASAR-DASAR TEKNIK KONTROL

2.1 Kegiatan Belajar 1: Pengantar Teknik Kontrol

2.1.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah selesai mempelajari materi ini, peserta didik dapat:

a. Menjelaskan definisi dan istilah pada sistem kontrol
b. Menjelaskan bagian-bagian sistem kontrol *open loop*
c. Menjelaskan elemen-elemen pengaturan (*close loop)*
d. Menjelaskan jenis desain sistem (continuous: analog, dan diskrit: digital)
e. Menjelaskan media/peralatan sistem kontrol
f. Menjelaskan jenis-jenis software kontrol dan elektronik (Matlab, livewire, EWB, dan lain-lain)
g. Menggambarkan blok diagram sistem kontrol loop terbuka
h. Menjelaskan contoh-contoh sistem kontrol dengan loop terbuka
i. Menggambarkan blok diagram sistem kontrol loop tertutup
j. Menjelaskan contoh-contoh sistem dengan loop tertutup

2.1.2 Uraian Materi

PENGANTAR TEKNIK KONTROL

A. Pendahuluan

Tidak bisa dipungkiri bahwa kehadiran teknik kontrol dan kontrol otomatis di masyarakat industri sangat dibutuhkan. Tanpa disiplin ilmu ini, teknologi pada hari ini dan hari-hari mendatang sulit dijelaskan. Sistem kontrol dibutuhkan pada semua cabang teknik. Pengembangan yang terus-menerus dibidang ini menjadi kebutuhan yang utama.

Untuk memungkinkan adanya kolaborasi pada skala yang lebih luas, maka keseragaman bahasa sangat penting, meliputi ketepatan definisi suatu istilah harus dijelaskan dan secara universal sesuai dengan prinsip-prinsip dasar teknik kontrol.

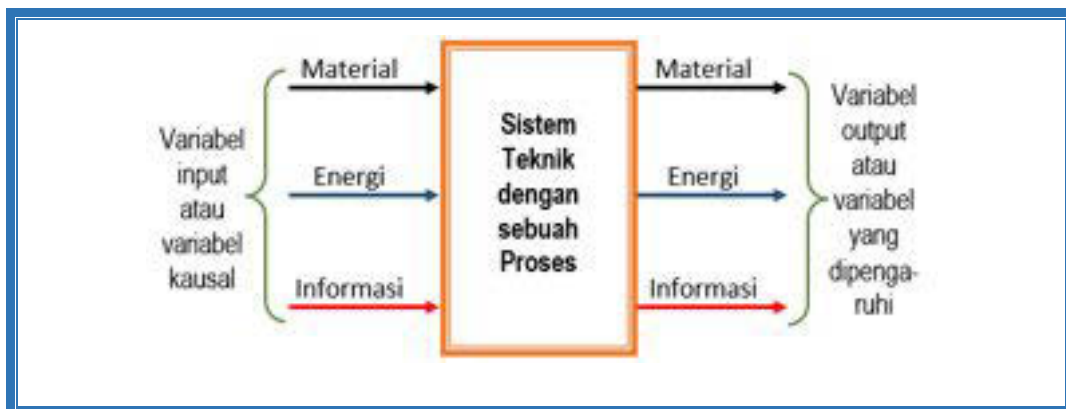
Rujukan yang digunakan untuk menjelaskan beberapa istilah kontrol dalam buku ini mengacu pada *International Electrotechnical Commission* 60050 (IEC 60050) area 351 tentang teknologi kontrol, tahun 2013. Rujukan lain juga digunakan aturan DIN 19 226, tahun 1968.

B. Pengantar ke Subyek Kontrol dan Kontrol Otomatis

B.1 Definisi dan Istilah

Beberapa istilah menurut IEC 60050 – 351:

- Variabel adalah kuantitas fisik yang nilainya dapat berubah dan biasanya dapat diukur.
- Variabel input adalah jumlah variabel yang memberikan aksi pada sistem dari luar dan tidak tergantung dari jumlah variabel lain dari sistem.
- Variabel output adalah jumlah variabel yang dapat dicatat yang dihasilkan oleh sistem, hanya dipengaruhi oleh sistem dan melalui sistem oleh variabel input.
- Proses adalah set lengkap dari interaksi suatu operasi dalam sebuah sistem di mana materi, energi atau informasi dirubah, dikirim atau disimpan.
- Sistem adalah set elemen yang saling terkait dalam konteks tertentu sebagai satu kesatuan dan terpisah dari lingkungannya.

Sebuah sistem adalah susunan dari struktur, yang terkait satu sama lain, pengaturannya dengan persyaratan tertentu yang didefinisikan oleh lingkungannya.

Gambar 1.1 Sistem teknik pada umumnya

B.2 Definisi Kontrol (*Open Loop Control*)

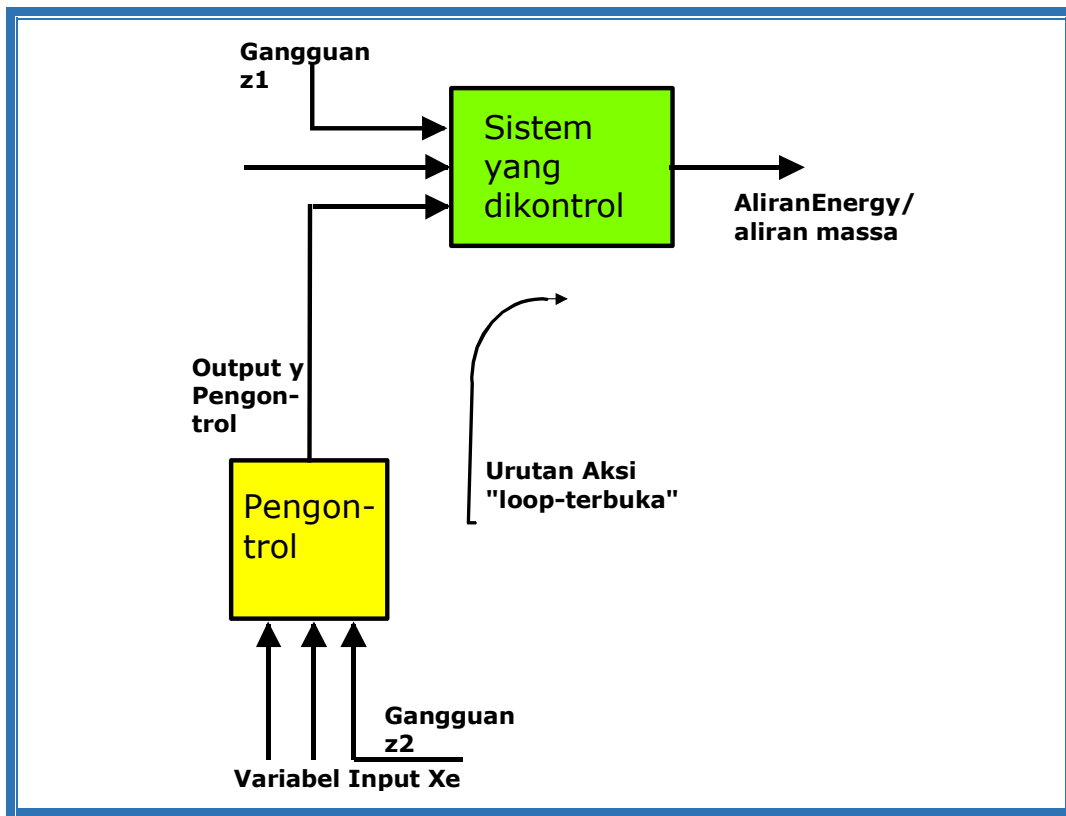
Istilah dan penjelasan dalam teknik kontrol dan kontrol otomatis menurut DIN 19 226, versi Mei 1968 adalah sebagai berikut:

- Alat-alat untuk mempengaruhi energi yang lebih besar oleh energi yang lebih kecil.
- Keseluruhan komponen dengan cara apa unjuk kerja mesin atau operasi peralatan diubah, biasanya secara otomatis.
- Komponen dan perlengkapan yang mentransfer gaya atau gerakan kepada yang lainnya yang menunjukkan atau mencatat sifat dari fungsi operasi atau untuk mengaktuasi komponen lain.
- Intervensi di dalam aliran material dan energi dari mesin yang tidak secara langsung dengan tangan.
- Pengaruh proses yang tidak dapat diawali secara langsung oleh intervensi manusia.
- Sebuah kontrol ada jika sebuah proses, tanpa memperhatikan kondisi operasi aktual, dipengaruhi untuk kondisi yang berbeda.

Kontrol menurut DIN 19 226 berarti proses di dalam sistem dimana salah satu atau beberapa variabel input mempengaruhi variabel output lain sebagai hasil hukum saling mempengaruhi dari sebuah sistem. Pengontrolan dicirikan oleh urutan “loop-terbuka” dari aksi atau rantai kontrol.

Sistem merupakan isi dari kotak itu sendiri. Aksi variabel input (ditandai dengan X_e…) pada sistem dihubungkan dalam kotak dan keluar sebagai variabel output X_a…. Variabel output saat ini ada pada aliran energi atau masa yang akan dikontrol.

Gambar 1.2 Blok diagram kontrol loop-terbuka

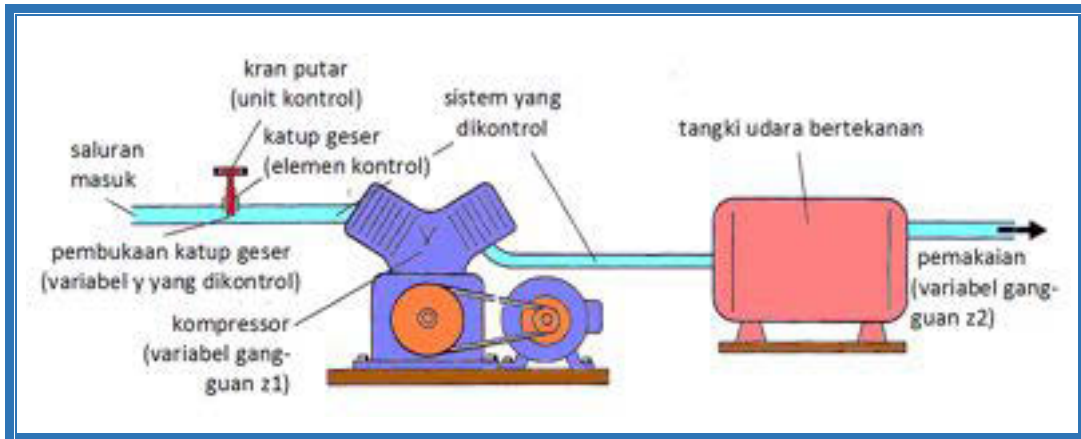
Secara umum: $X_a = f(X_e)$

Gambar 1.3 Urutan aksi kontrol *open loop*

Contoh:

Jika suplai kompressor udara dikontrol volumenya, maka pembukaan dan penutupan katup geser dapat disebut operasi kontrol. Katup kontrol, yang mengontrol posisi yang berpengaruh terhadap volume udara disebut elemen kontrol akhir. Pembukaan yang dilakukan oleh katup geser disebut sebagai variabel y yang dikontrol. Kran putar yang mengoperasikan katup geser disebut unit kontrol.

Variasi pemakaian udara bertekanan oleh pemakai dikatakan sebagai variabel gangguan pada pengontrol. Hal ini juga terjadi pada fluktuasi kecepatan atau perubahan di dalam efisiensi yang muncul dari kompressor.

Standarisasi juga mengkonfirmasi bentuk selanjutnya dari istilah kontrol:

Kata “kontrol” sering digunakan tidak hanya untuk proses kontrol tetapi juga untuk sistem yang lengkap dimana kontrol ditempatkan.

Gambar 1.4 Kontrol loop-terbuka (*open loop*) pada tekanan udara

Karakteristik kontrol open loop adalah bahwa variabel output yang dipengaruhi oleh variabel input tidak kontinyu dan tidak lagi menjadi variabel input yang sama (tidak diumpan-balikkan). Penyimpangan pada variabel output dari nilai nominal tidak diperhatikan (diabaikan), sehingga tidak dapat dikoreksi.

Sinyal Tekanan

Benda Kerja

Silinder

Duduk-
an

A2

A1

Limit switch untuk
sinyal kerja

Katup Kontrol
Aliran ≅ aktuator

Sinyal
Output

Unit Kontrol
Pemrosesan
Sinyal

Unit Pompa

Keluar

Masuk

Sinyal Input

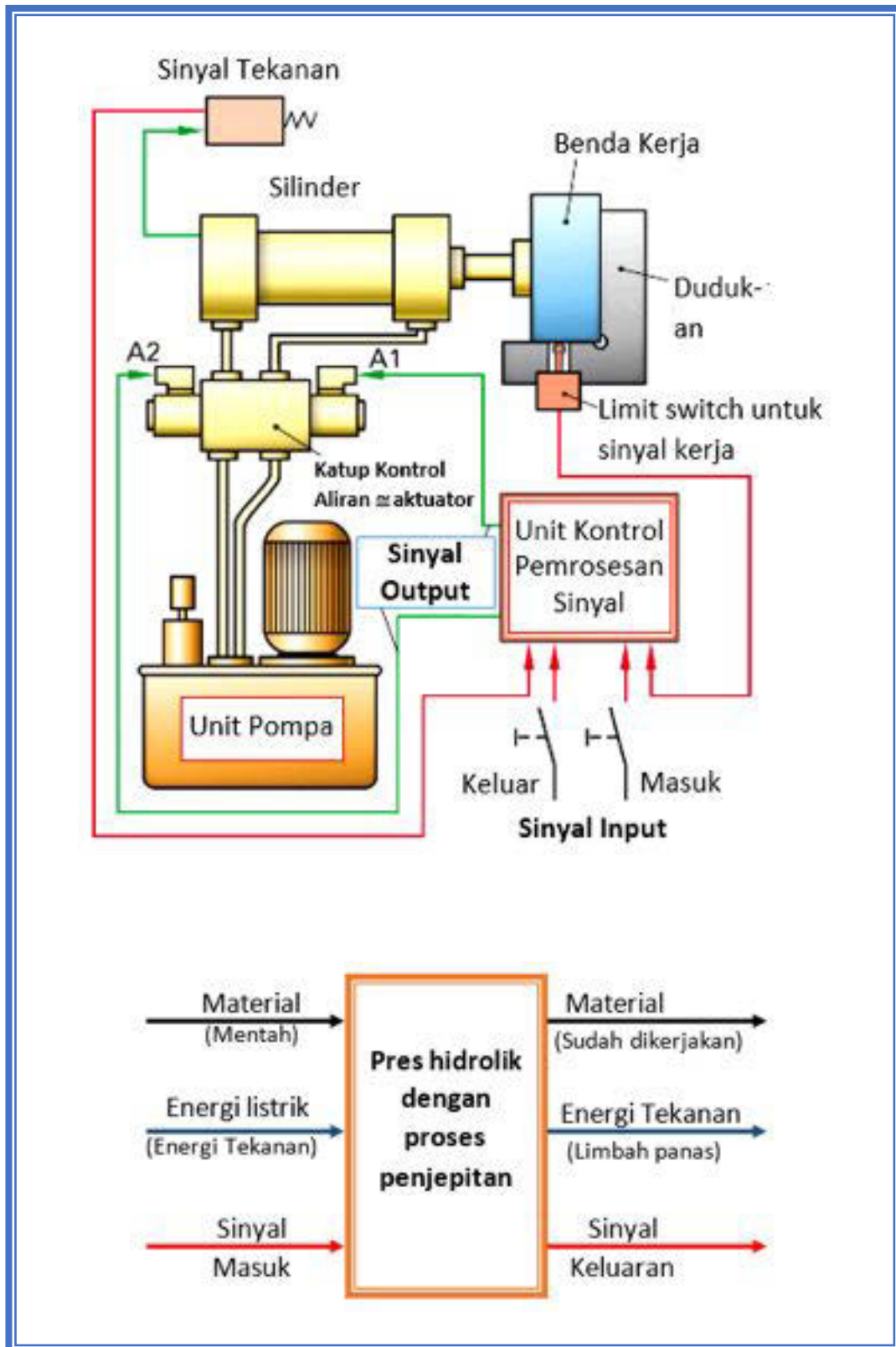
Material
(Mentah)

Energi listrik
(Energi Tekanan)

Sinyal
Masuk

Pres hidrolik
dengan
proses
penjepitan

Material
(Sudah dikerjakan)

Energi Tekanan
(Limbah panas)

Sinyal
Keluaran

Gambar 1.5 Sistem Teknik Pres Hidrolik

B.2.1 Proses Kontrol Open Loop

Sistem terkontrol dapat dibagi lebih detail menjadi **elemen sinyal, elemen kontrol, aktuator** dan **elemen kerja**. Disamping itu, aliran sinyal, berjalan sesuai sinyal kontrol dan aktuator menuju elemen kerja.

BAGIAN DAYA

Elemen Kerja
- Silinder
- Motor (listrik, hidrolik, pneumatik)
- Solenoid

Elemen Kontrol Akhir (Aktuator)
- KATUP
- RELAI, Kontaktor

Interface, Perpindahan sinyal

BAGIAN SINYAL

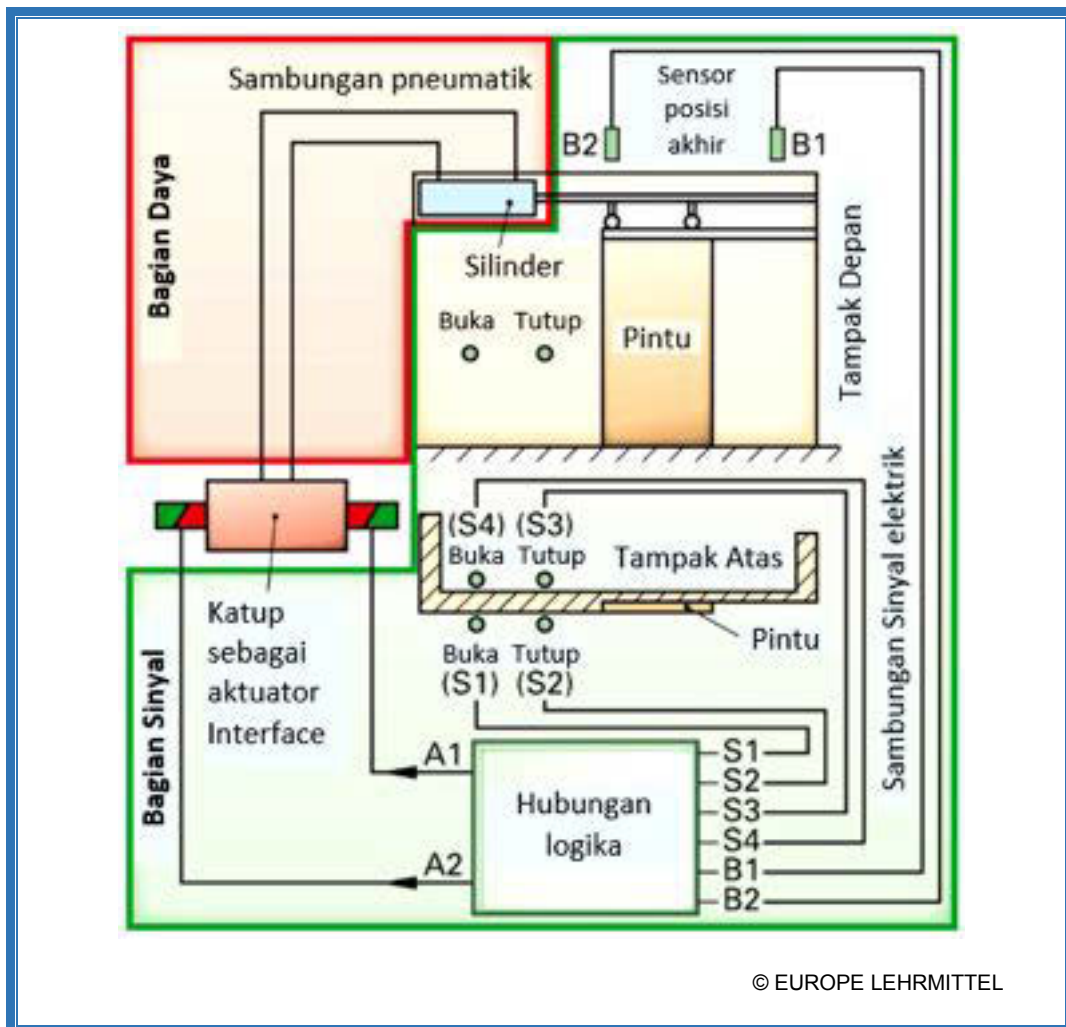
Elemen Kontrol
- Sinyal disambungkan melalui : Katup
- Sinyal disambungkan melalui : Program
- Sinyal disambungkan melalui : Sambungan elektrik

Elemen Sinyal
- Mekanik : sakelar, tombol tekan
- Elektrik : sakelar, tombol tekan
- Pneumatik : sakelar, tombol tekan

Gambar 1.6 Rantai Kontrol

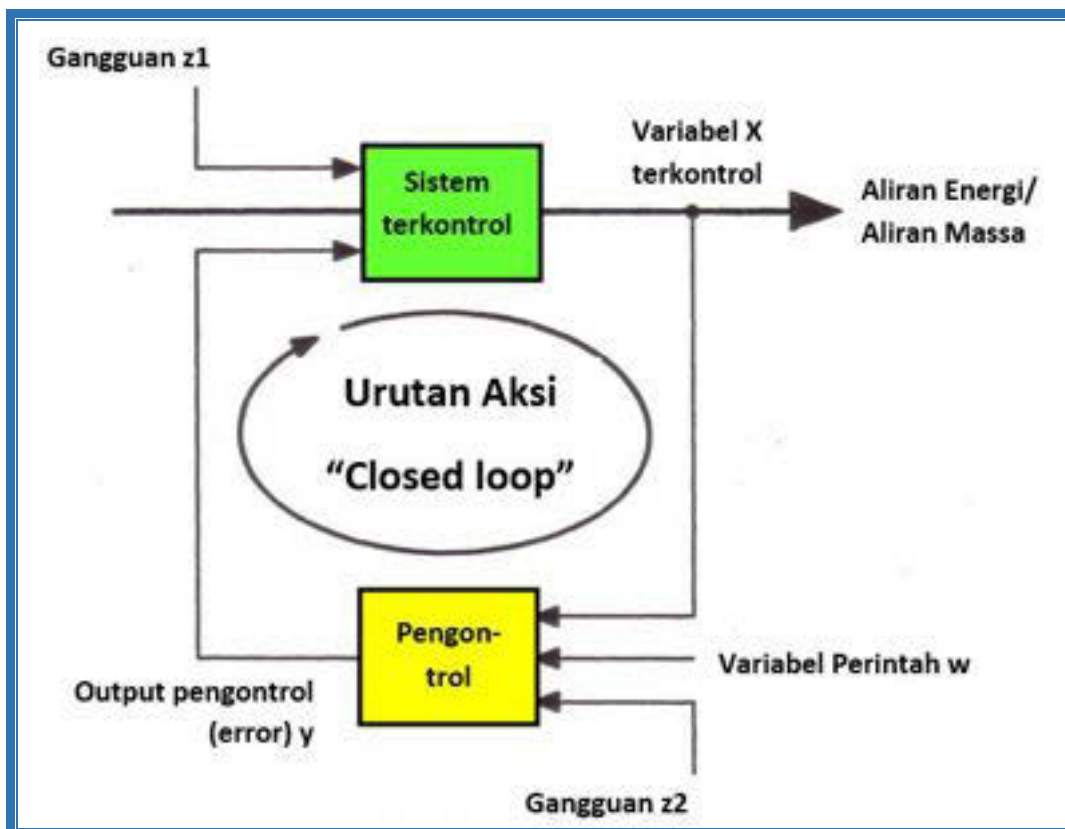
Kontrol sering dipisahkan antara bagian sinyal dan bagian daya. Bagian sinyal menggunakan tegangan dan tekanan yang lebih kecil daripada yang digunakan oleh bagian daya, dalam hubungan ini kemudian disebut dengan unit kontrol dan unit daya. Hal ini terutama bermanfaat untuk elemen kerja yang besar dan kontrol dengan kabel panjang.

Elemen sinyal dapat disimpan secara berbaris karena kecil dimensinya, tetapi aktuator harus disesuaikan dengan karakteristik elemen kerja. Dalam pneumatik, kontrol elektro-pneumatik atau elektro-hidrolik, aktuator juga memiliki fungsi antarmuka antara sinyal dan power suplai, karena output sinyal yang dihasilkan dari kombinasi logika sinyal input, dilewatkan dari sinyal di bagian listrik. Contoh kontrol

Gambar dibawah menunjukkan pintu pneumatis dibuka dan ditutup. Di setiap sisi dinding tergantung switch untuk membuka (S1, S4) dan menutup (S2, S3). Selain itu, sensor (B1, B2) yang terpasang, untuk cek posisi akhir silinder.

Gambar 1.7 Kontrol Pintu (Sketsa Sistem)

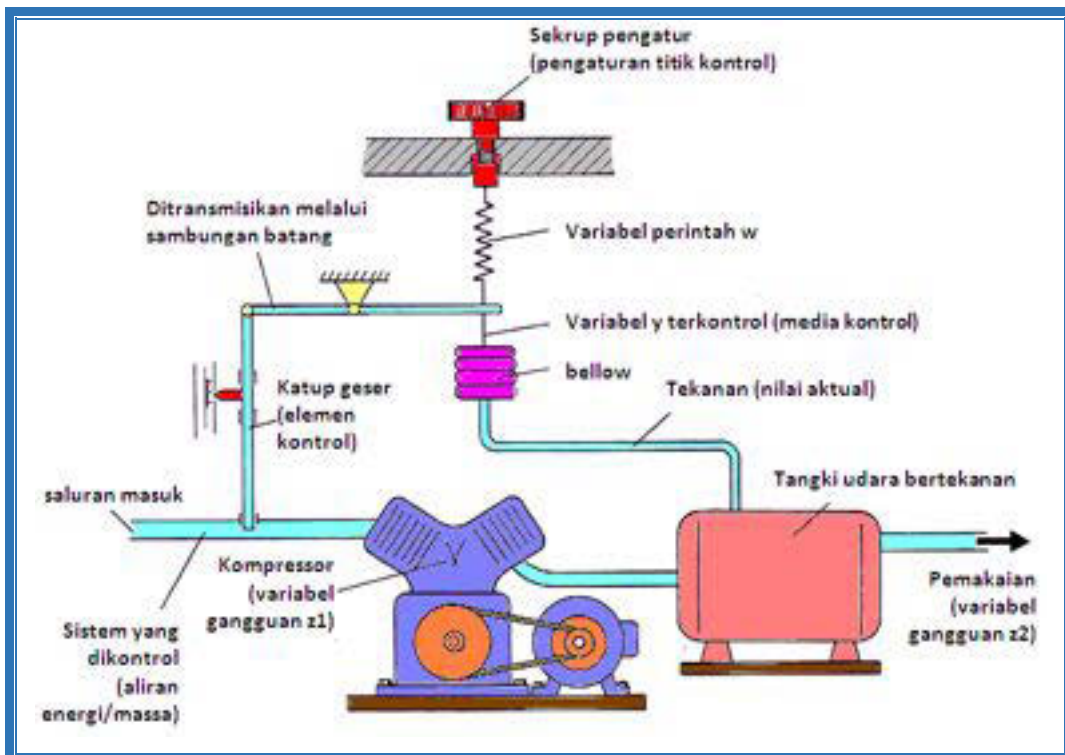
B.3 Definisi Kontrol Otomatis (*Close Loop Control*)

Menurut DIN 19 226 kontrol otomatis adalah proses dimana sebuah variabel dikontrol (variabel terkontrol), secara terus-menerus diukur dan dibandingkan dengan variabel lain, variabel perintah, proses akan dipengaruhi sesuai dengan hasil perbandingan ini dengan memodifikasi agar sesuai dengan variabel perintah. Urutan aksi dari bentuk ini dinamakan loop kontrol tertutup (*closed loop)*. Tujuan kontrol *closed loop* adalah untuk menyesuaikan nilai variabel terkontrol dengan nilai yang ditentukan oleh variabel perintah.

Sistem terkontrol dipengaruhi oleh perbandingan antara output sistem terkontrol (yakni variabel terkontrol) dan variabel perintah tertentu (nilai yang ditetapkan/*setting point*).

Gambar 1.8 Urutan aksi kontrol *closed loop*

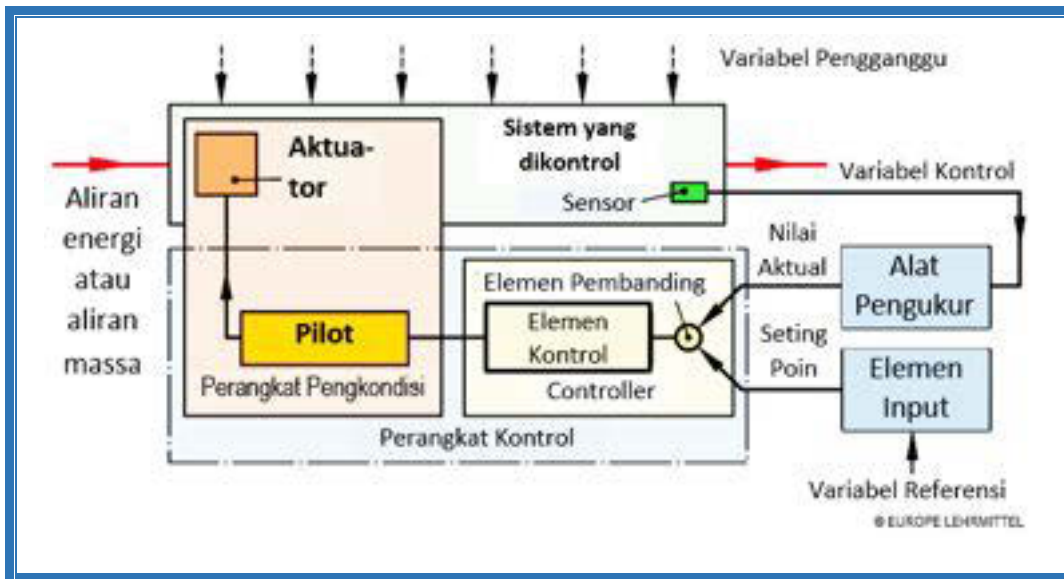
Pada sistem kontrol otomatis faktor gangguan dieliminasi, sedangkan pada kontrol *open loop*, dibiarkan melalui sistem tanpa dikendalikan.

Contoh:

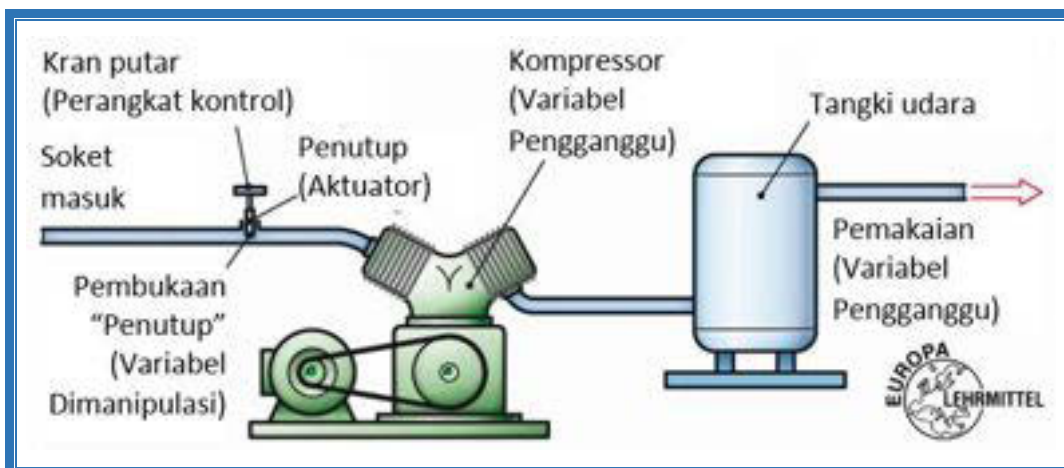
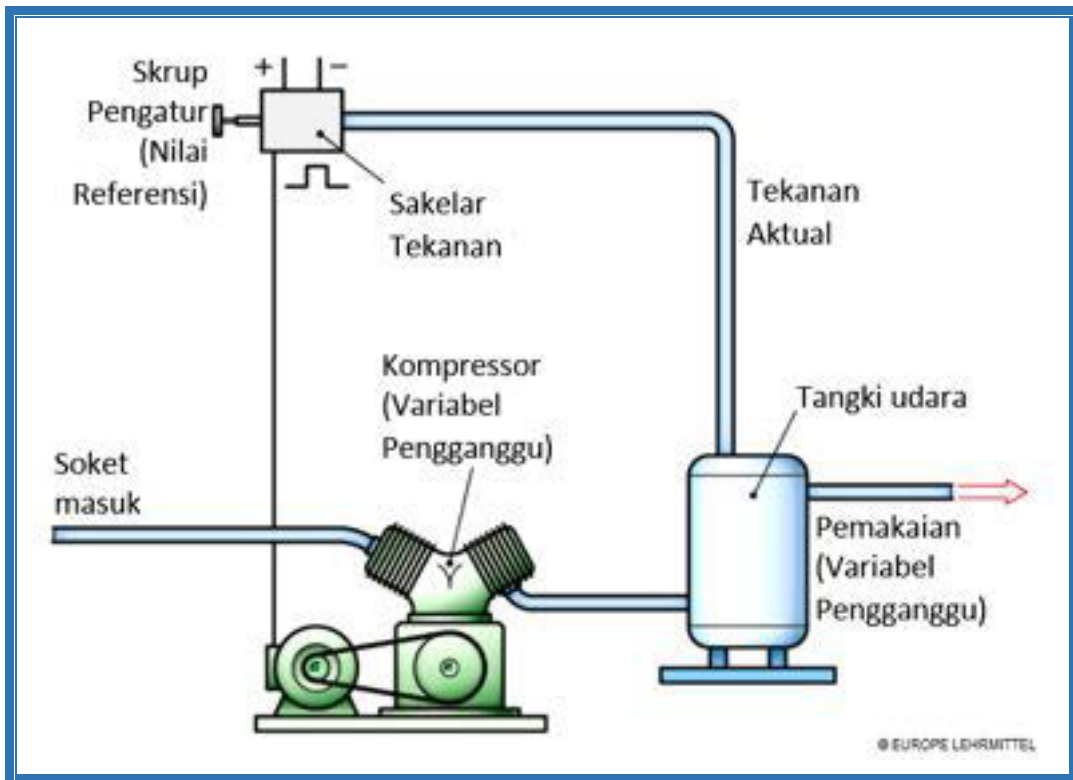
Dengan kontrol otomatis ini, tekanan di dalam tangki udara bertekanan dijaga secara otomatis pada nilai yang ditetapkan sebelumnya. Nilai aktual tekanan tangki dimasukkan dalam *bellow* yang akan merubah panjang terhadap tekanan. Perubahan panjang berdampak pada perubahan posisi katup geser yang disebut variabel y terkontrol, melalui sambungan batang dan peredam, lalu mengakibatkan pengaturan volume udara pada nilai yang diharapkan.

Gambar 1.9 Contoh sistem dengan kontrol otomatis (*close loop*)

B.3.1 Proses Kontrol Otomatis (*Close Loop*)

Sebagai contoh kontrol otomatis untuk mempertahankan suhu dalam oven selama otomatisasi produksi, maka hal ini tidak dapat direalisasikan dengan kontrol open loop. Variabel output berupa suhu harus terus terkontrol dan selama dalam proses dilakukan intervensi terhadap timbulnya penyimpangan dari nilai nominal (terlalu dingin – pemanasan dihidupkan, dan ketika mencapai suhu batas atas - pemanas dimatikan).

Suhu output disesuaikan dengan menyesuaikan set point dalam proses, dan nilai aktual, sehingga hal ini dikatakan kontrol otomatis (pengaturan).

Gambar 1.10 Proses kontrol otomatis (close loop)

Kontrol otomatis adalah proses di mana besaran variabel kontrol, secara kontinyu dideteksi dan diperbandingkan dengan variabel referensi, dan diperbaiki hingga diperoleh hasil yang sama. Indikator kontrol otomatis adalah aliran aksinya tertutup, dan variabel kontrol yang ada di jalur aksi kontrol loop itu sendiri dipengaruhi terus menerus.

Berikut ini perbandingan kontrol (open loop) dan kontrol otomatis (close loop) pada kontrol tekanan. Pada kontrol open loop, variabel output tidak diperhatikan lagi dan tidak bisa mempengaruhi variabel kontrol.

Gambar 1.11 Kontrol Tekanan (open loop)

Gambar 1.12 Kontrol Otomatis Tekanan (close loop)

Pada kontrol otomatis, variabel output (tekanan udara dalam tangki) dideteksi dan diperbandingkan dengan tekanan yang diinginkan (variabel referensi/setting point), dan selanjutnya akan mempengaruhi variabel output hingga sama seperti tekanan yang dikehendaki.

B.4 Dasar Teknik Kontrol dan Kontrol Otomatis

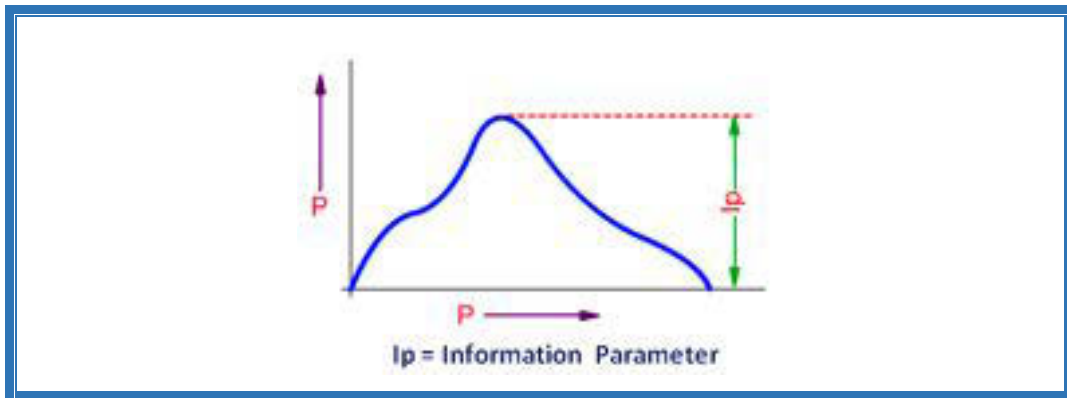
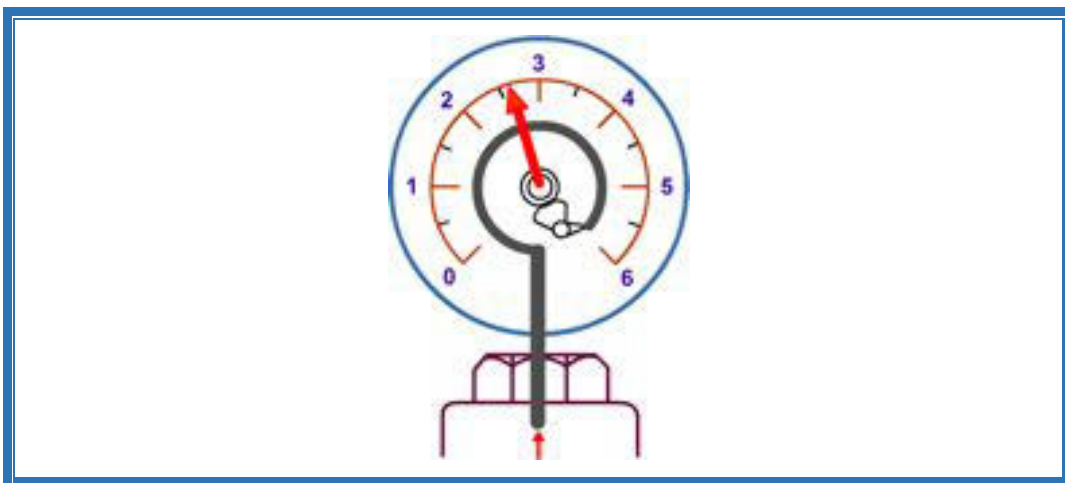
B.4.1 Sinyal

Sinyal menggambarkan informasi. Penggambaran dapat berdasar pada nilai atau perubahan nilai dari dimensi fisik, dapat pula berdasar pada pengiriman, pemrosesan atau penyimpanan informasi.

B.4.1.1 Sinyal Analog

Sinyal analog adalah sinyal dimana setiap titik dalam daerah kontinyu dari nilai suatu parameter tunggal, memberikan informasi yang berbeda (DIN 19226). Jadi isi informasi I_p (parameter informasi) dari suatu sinyal dapat berupa nilai apapun dalam batas tertentu.

Contoh:

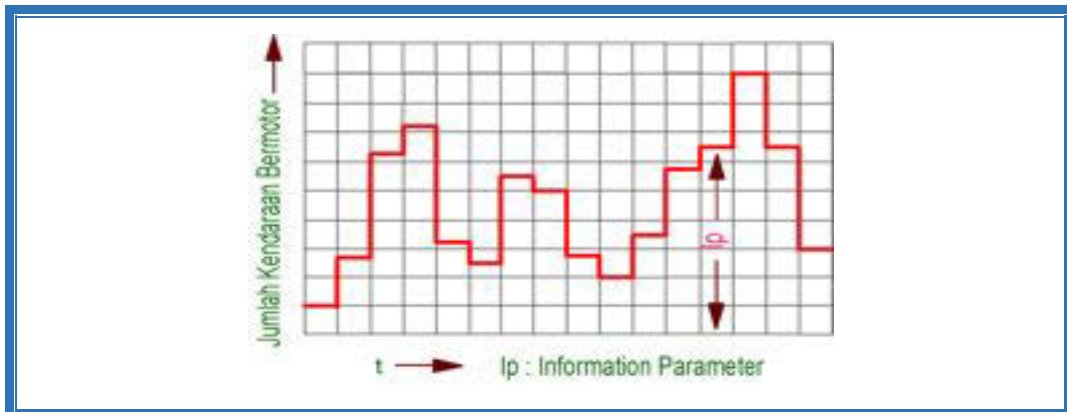
Jika tekanan yang dapat berubah secara terus menerus dari 0 … 600 kPa (0 … 6 bar/ 0 … 87 psi) diukur dengan transduser tekananan Bourdon, maka setiap niai tengah menggambarkan posisi tertentu dari suatu penunjuk. Posisi penunjuk menggambarkan sinyal analog.

Gambar 1.13 Sinyal analog

Gambar 1.14 Penunjuk analog

Contoh lain dapat Anda jumpai pada skala suhu dalam termometer, pengukur kecepatan pada sepeda motor, dan lain-lain.

B.4.1.2 Sinyal Diskrit

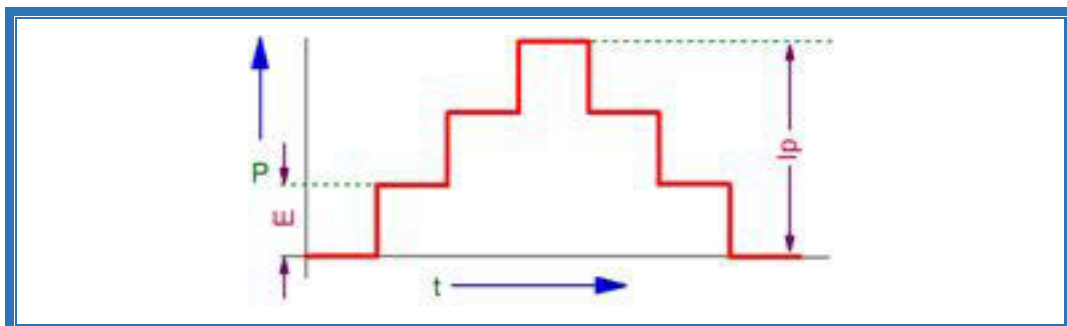
Sinyal yang memiliki parameter informasi I_p dengan tanda pada angka tertentu dari suatu nilai di dalam batas yang pasti. Nilai-nilai ini tidak berhubungan antar satu dengan lainnya. Setiap nilai memberikan satu informasi.

Contoh:

Kepadatan lalu lintas terhadap waktu dalam setiap harinya.

Gambar 1.15 Gambar sinyal diskrit

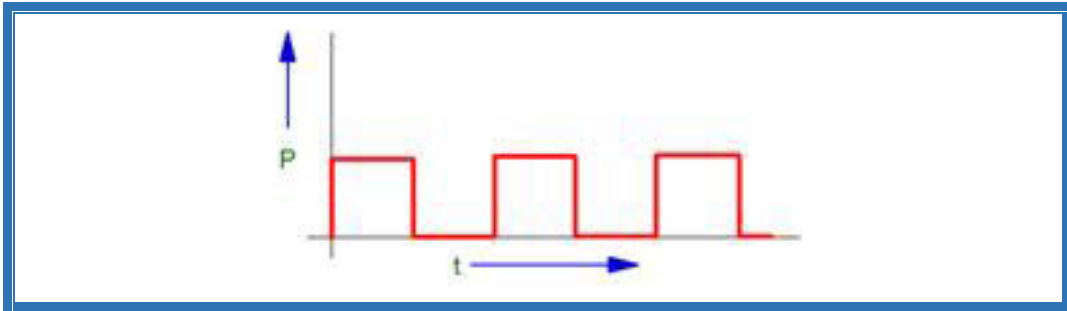
B.4.2.2.1 Sinyal Digital

Sinyal digital adalah sinyal diskrit dengan beberapa interval nilai dari parameter informasi I_p. Setiap nilai ditandai informasi tertentu yang berbeda, sehingga interval nilai merupakan jumlah perkalian dari satuan dasar E.

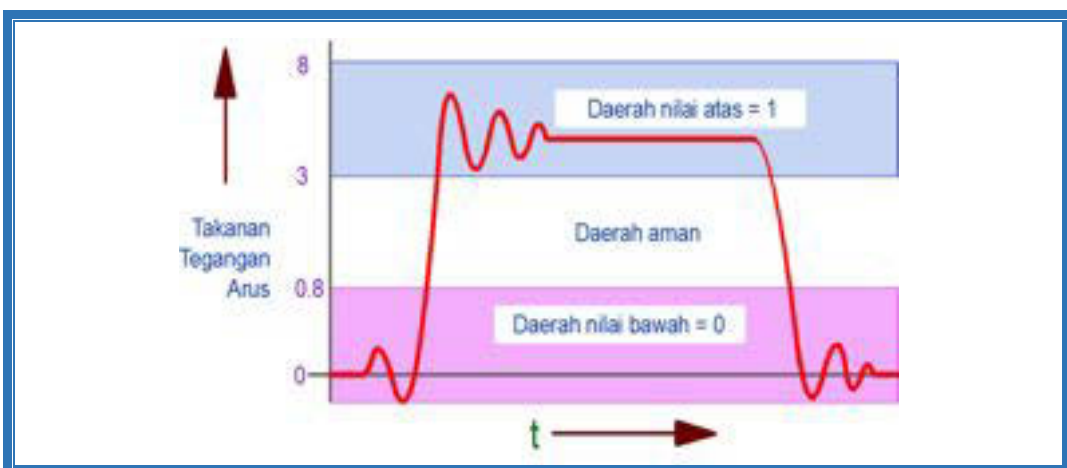
Contoh jam digital, mekanisme penghitungan, dan piranti pengukur digital.

Gambar 1.16 Sinyal digital

Gambar 1.17 Displai digital

B.4.2.2.2 Sinyal Biner

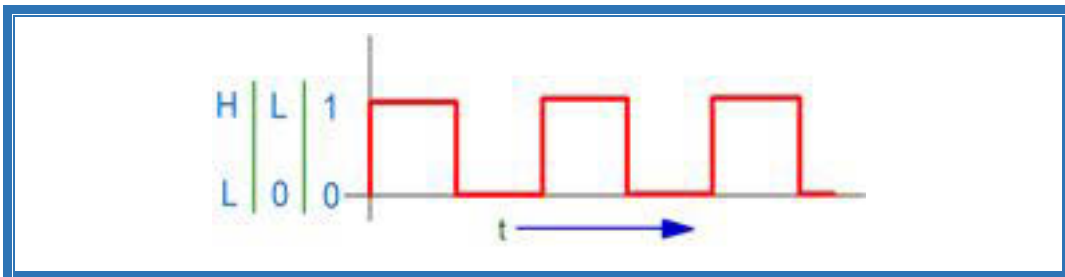
Sinyal biner (sinyal dua-titik) adalah sinyal parameter tunggal dengan hanya dua daerah nilai. Sinyal hanya dapat memberikan dua pilihan informasi, contoh ON-OFF, YES-NO, 1-0.

Gambar 1.18 Sinyal biner

Sinyal analog lebih banyak digunakan dalam kontrol otomatis, sedangkan sinyal digital lebih banyak digunakan dalam teknik kontrol, dan sinyal digital lebih banyak dalam bentuk sinyal biner. Sinyal-sinyal biner ini cukup signifikan untuk pemrosesan informasi karena sinyal dapat dengan mudah dihasilkan oleh piranti (seperti sakelar) dan dapat diproses secara sederhana. Dalam praktik, penting untuk mendefinisikan secara jelas hubungan antara daerah nilai dan sinyal dalam hal sinyal biner, dan dalam hal untuk mencegah tumpang-tindih, perlu diberikan daerah bebas secara memadai antara dua daerah nilai, contoh:

Sinyal-0: 0-80 kPa (0-0,8 bar/0-11 psi).
Sinyal-1: 300-800 kPa (3-8 bar/43-14 psi).

Gambar 1.19 Daerah nilai dari sinyal biner

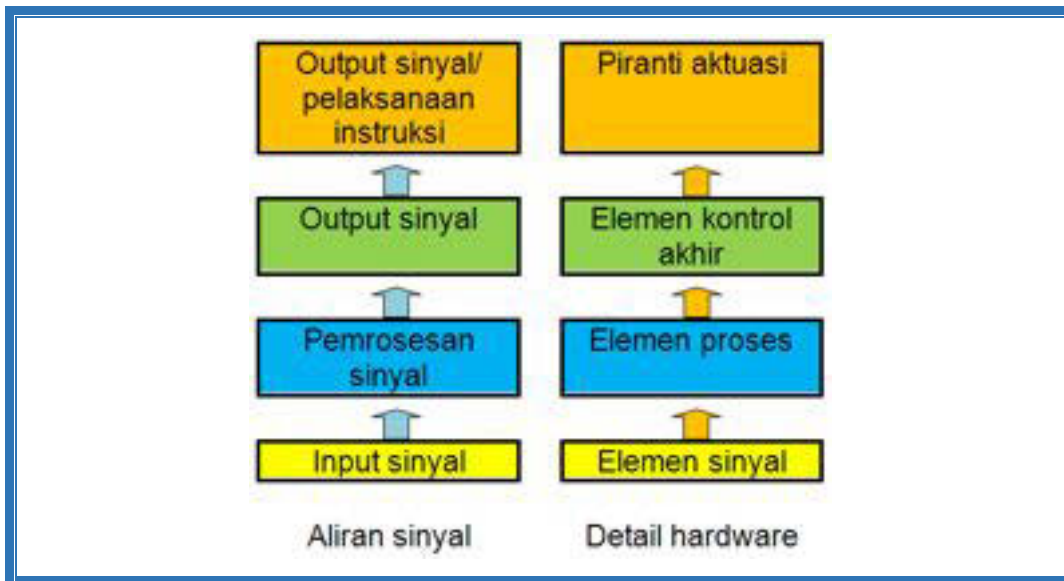
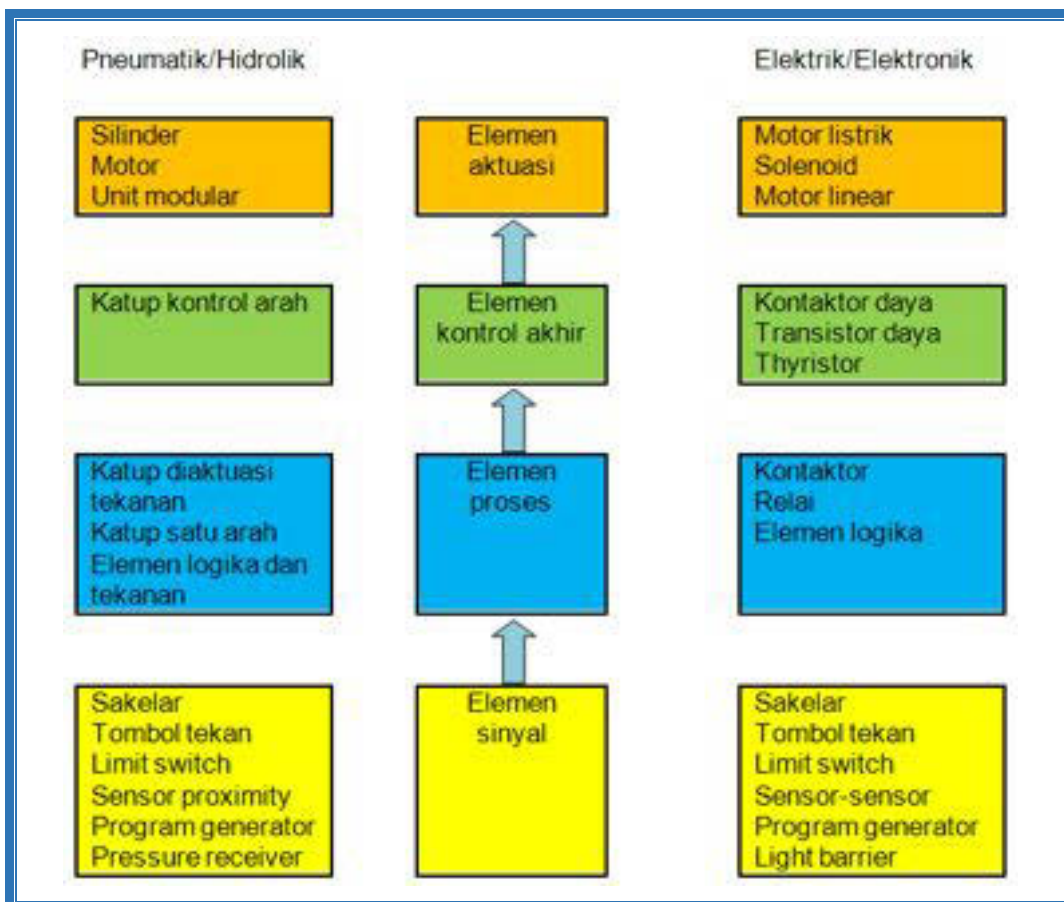
Nilai sinyal (misal tekanan) dapat bervariasi didalam daerah atas, tetapi masih diidentifikasi sebagai 1. Demikian juga untuk daerah bawah. Jadi kepastian pencegahan terhadap interferensi dapat dicapai.

Nilai sinyal harus berada apakah didaerah atas atau di daerah bawah. Jika nilai sinyal berada di daerah aman (daerah terlarang) maka dapat mengakibatkan gangguan pensakelaran.

Ada penandaan lain untuk nilai sinyal 0 dan 1, sekalipun tidak harus digunakan (DIN 40700).

Gambar 1.20 Penandaan sinyal biner

C. Rantai Kontrol

Pada bagian sebelumnya, pengontrol digambarkan sebagai blok tersendiri. Selanjutnya blok ini dapat diurai. Sebuah kontrol dapat diurai dengan cara yang sama untuk menunjukkan susunan komponen secara terpisah. Pada saat yang sama, aliran sinyal juga dapat ditunjukkan.

Aliran sinyal menunjukkan jalur sinyal dari input sinyal melalui pemrosesan sinyal menuju output sinyal. Di dalam draft penggambaran rangkaian dilakukan pengelompokkan antara pemrosesan sinyal dan kontrol dan bagian aktuasi.

Gambar 1.21 Detail rantai kontrol

Gambar 1.22 Ilustrasi beberapa contoh hardware pada aliran sinyal

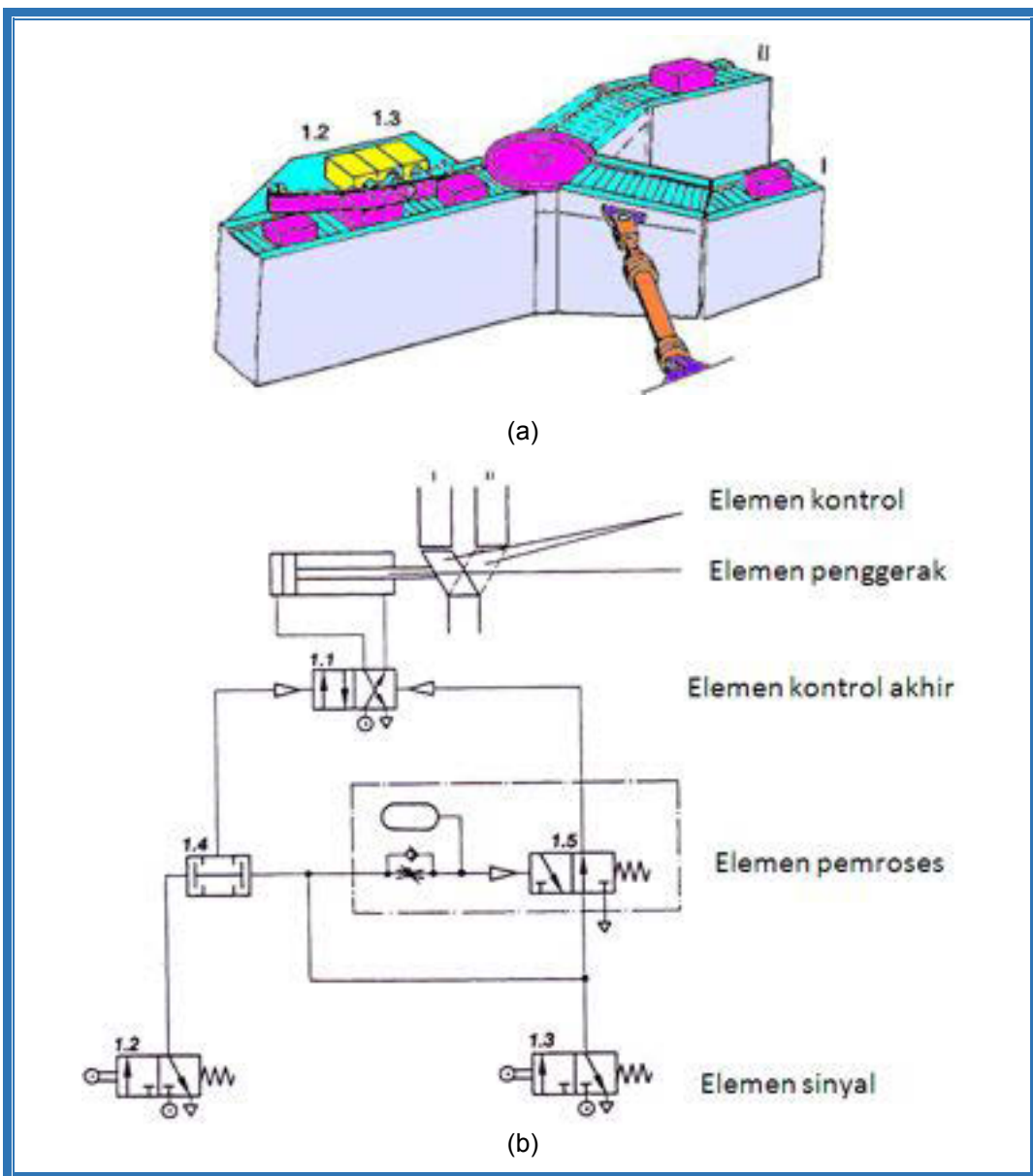
Pertimbangan khusus diberikan untuk suplai energi dan perlengkapan yang dibutuhkan untuk komponen kontrol dan komponen aktuasi. Pembagian ini mudah untuk identifikasi dalam praktik. Dalam unit yang besar biasanya kontrol dipisahkan dari piranti aktuasi. Contoh berikut diambilkan dari pneumatik untuk memperjelas beberapa konsep yang penting dan penandaan dalam aliran sinyal.

Bagian yang memiliki lebar berbeda (ada dua perbedaan lebar) dipisahkan dengan konveyor, dan disensor oleh mekanisme *feeler* dan dipilih dengan memindah bagian yang dioperasikan oleh silinder pneumatis. Jarak antar bagian cukup lebar untuk menghindari tumpang-tindih.

1.2
1.3
II
I

(a)

Elemen kontrol
Elemen penggerak
1.1
Elemen kontrol akhir
1.4
1.5
Elemen pemroses
1.2
1.3
Elemen sinyal

(b)

Gambar 1.23 (a) Tata letak dan (b) Rangkaian pneumatik

D. Jenis-jenis Energi (Media Kontrol)

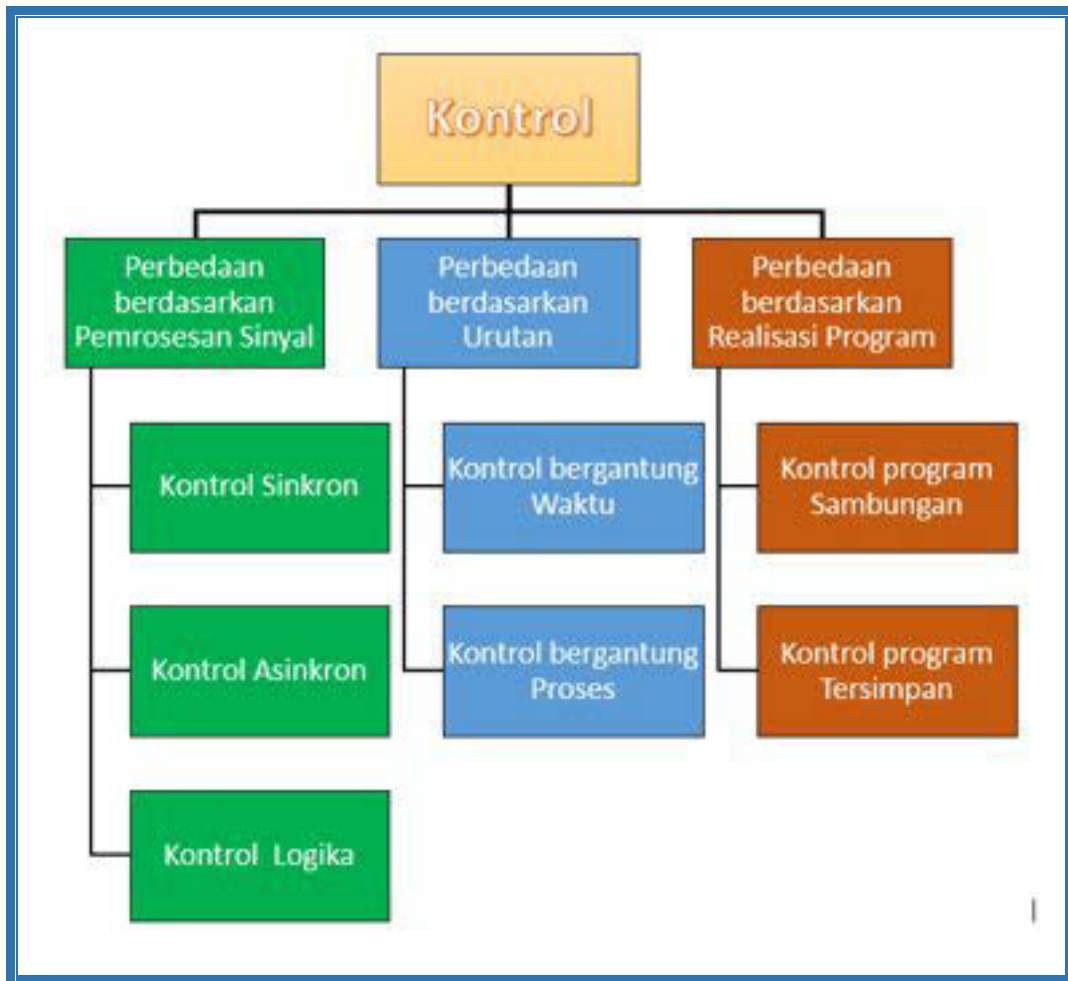
Piranti yang baik (pemindah sinyal, tranduser) memungkinkan dapat mengkonversi sinyal dari satu jenis energi menjadi sinyal dari jenis energi lain. Di dalam teknik kontrol seseorang dapat bekerja dengan sistem kontrol dari jenis energi yang berbeda. Jadi sangat dimungkinkan untuk mendesain kontrol yang optimal dari sisi ekonomis dan dari aspek teknis.

Dalam praktiknya, tidak selalu mudah memilih sistem kontrol yang cocok. Berbagai jenis media kerja dan media kontrol yang lazim digunakan juga harus dipilih berdasarkan pertimbangan tertentu.

Media kerja yang lazim digunakan meliputi elektrik, pneumatik, dan hidrolik. Pemilihan media kerja yang sesuai didasarkan atas pertimbangan: gaya, langkah kerja, jenis gerakan (linear, putar), kecepatan, ukuran fisik, usia pemakaian, sensitivitas, keselamatan kerja, biaya energi, kemampuannya untuk dikontrol, penanganannya, dan penyimpanannya.

Media kontrol dapat berupa mekanik, elektrik, elektronik, pneumatik tekanan normal, pneumatik tekanan rendah, dan hidrolik. Pemilihan media kontrol didasarkan atas pertimbangan: kestabilan operasi komponen, kepekaan terhadap pengaruh lingkungan, kemudahan perawatan, waktu pensakelaran komponen, kecepatan sinyal, persyaratan ruang, usia perawatan, training tenaga terlatih.

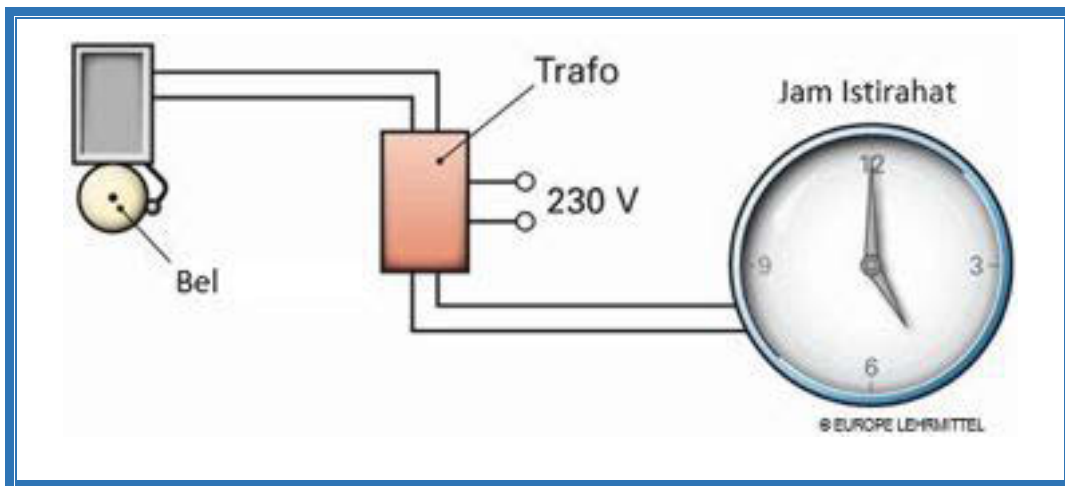
E. Pembedaan Karakteristik Kontrol

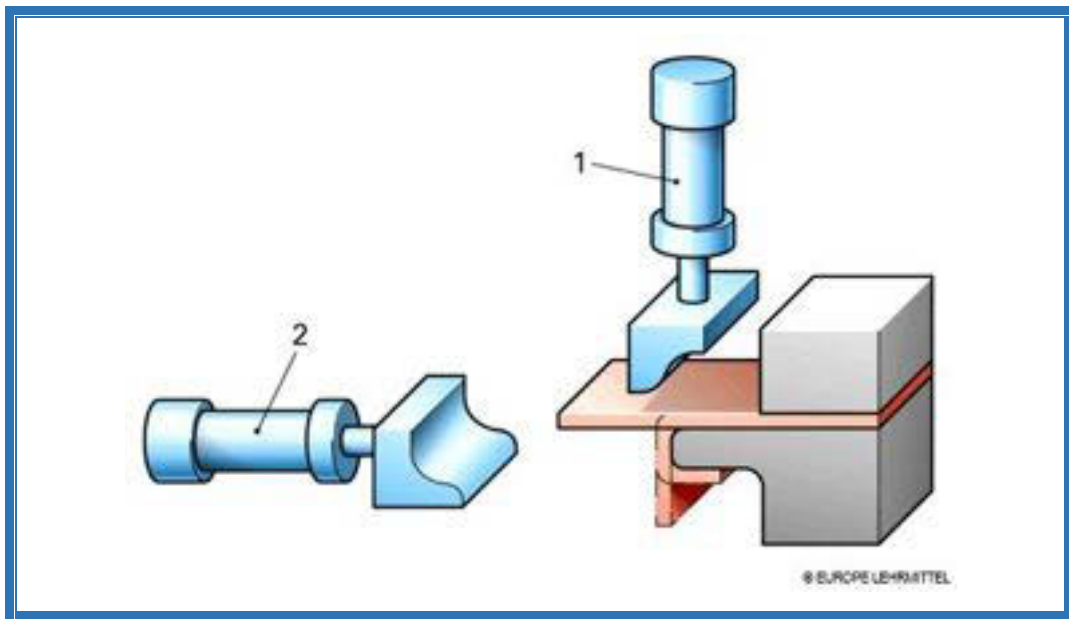
Saat ini ada dua standar yang memuat definisi pembedaan karakteristik kontrol, yaitu DIN 19226 “Kontrol otomatis dan teknik kontrol; konsep dan penandaan”, bagian 5. Pembagian kontrol dibedakan berdasar:

Gambar 1.24 Pembagian kontrol menurut DIN 19226

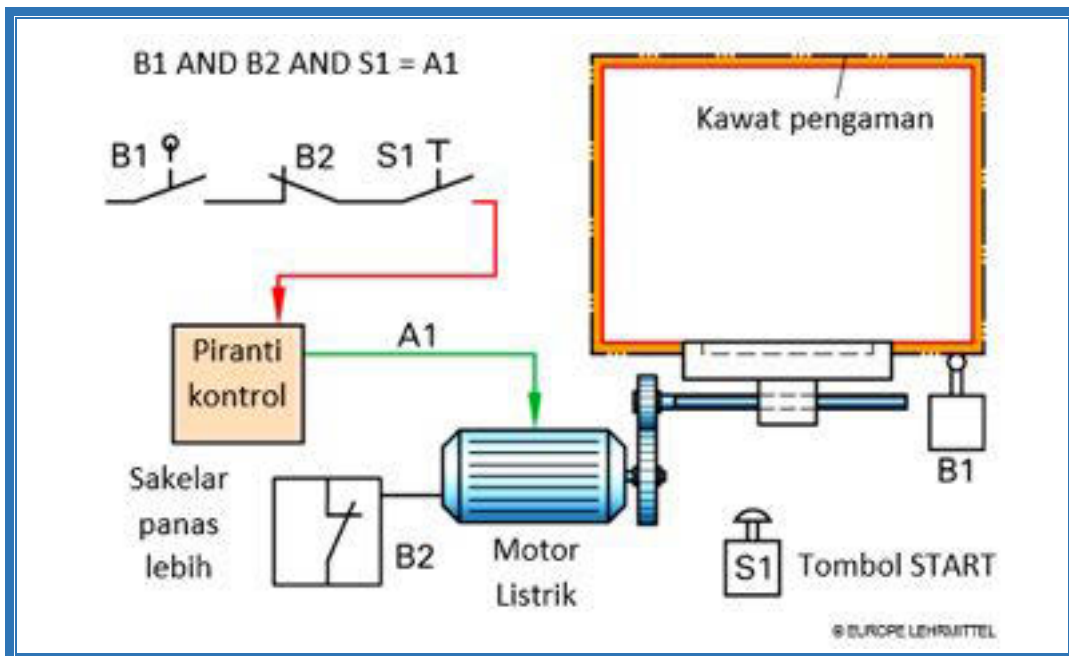
Sistem kontrol sinkron adalah sistem kontrol dimana pemrosesan sinyal berlangsung dalam sinkronisasi dengan sinyal yang diatur waktunya. Sedangkan sistem kontrol asinkron adalah operasi sistem kontrol tanpa sinyal terkontrol waktu, dan perubahan hanya dapat diaktuasi oleh perubahan sinyal input. Sistem kontrol logika adalah sistem kontrol yang kondisi sinyal output ditentukan oleh kondisi sinyal input berdasarkan logika Boolean.

Sistem kontrol berurutan bergantung waktu adalah sistem kontrol berurutan yang memiliki kondisi urutan hanya bergantung pada waktu dari langkah satu ke langkah berikutnya. Piranti yang dapat digunakan untuk menghasilkan kondisi urutan adalah timer, counter, cam drum atau cam belt dengan kecepatan putar yang konstan. Istilah “sistem kontrol pengaturan waktu” diperuntukkan bagi sistem dimana perintah pengontrolan ditentukan sebagai fungsi waktu.

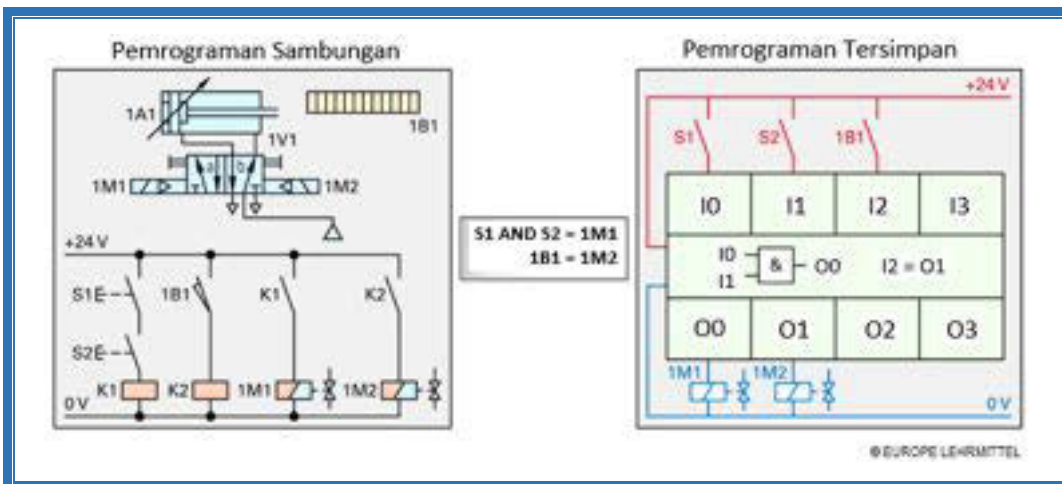
Sistem kontrol berurutan bergantung proses adalah sistem kontrol berurutan yang memiliki kondisi urutan hanya bergantung pada sinyal dari instalasi terkontrol (proses). Sedangkan sistem kontrol bergantung langkah adalah bentuk sistem kontrol berurutan bergantung proses yang memiliki kondisi urutan hanya bergantung pada sinyal setiap langkah dari instalasi terkontrol.

Aliran kontrol, dimana kondisi transisi hanya tergantung pada waktu, adalah terlampauinya waktu. Aliran kontrol tergantung proses adalah kontrol yang kondisi transisi tergantung pada proses. Langkah berikut dimulai hanya ketika langkah sebelumnya telah selesai.

Gambar 1.25 Kontrol waktu

Pada gambar dibawah, misalnya, bagian lembaran logam yang bengkok. Silinder 1 bergerak dan membengkok potongan sebelumnya, kemudian menarik kembali. Kemudian naik dari silinder 2, tekukan lembar selesai dan kemudian kembali.

Gambar 1.26 Kontrol berurutan

Untuk kontrol sinkron, pemrosesan sinyal dilakukan sinkron dengan sinyal clock. Kontrol asinkron beroperasi tanpa sinyal clock. Perubahan sinyal dipicu hanya oleh perubahan dari sinyal input. Dalam banyak kontrol, sinyal input sesuai dengan kebutuhan kombinasi logis tertentu, sehingga dinamakan logika.

Gambar 1.27 Kontrol hubungan logika

Untuk kontrol yang sangat kompleks dari sistem yang besar sering terjadi kedua bentuk kontrol sekuensial bersama-sama. Misalnya, sebuah silinder untuk waktu tertentu harus diperpanjang selama penjepitan dan mengikat benda kerja, sedangkan silinder lainnya keluar (maju). Oleh karena itu kedua silinder harus mundur atau maju setelah sebuah diagram alur tertentu.

Sebuah kontrol program sambungan adalah kontrol yang fungsinya ditentukan oleh komponen-komponen tertentu dan sambungan (pipa pneumatik, kabel listrik). Jika dikehendaki fungsi kontrol tersebut berubah, maka sambungan juga dirubah kembali dan komponen disesuaikan. Kontrol dapat diprogram adalah kontrol yang fungsinya disimpan dalam sebuah program. Untuk perubahan fungsi di sini hanya memerlukan penggantian program dalam memori (misalnya, RAM, EPROM, EEPROM).

Gambar 1.28 Pembedaan berdasar Pemrograman

2.1.3 Rangkuman

a. Kontrol (open loop) berarti proses di dalam sistem dimana salah satu atau beberapa variabel input mempengaruhi variabel output lain sebagai hasil hukum saling mempengaruhi dari sebuah sistem. Kontrol dicirikan oleh urutan “loop-terbuka” dari aksi atau rantai kontrol. Penyimpangan pada variabel output dari nilai nominal (seting poin) tidak diperhatikan (diabaikan), sehingga tidak dapat dikoreksi.

b. Sistem terkontrol terdiri dari elemen sinyal, elemen kontrol, aktuator dan elemen kerja. Pada bagian sinyal terdapat elemen sinyal dan elemen kontrol, sedangkan pada bagian daya terdapat aktuator dan elemen kerja. Diantara bagian sinyal dan bagian daya terdapat interface.

c. Kontrol otomatis (kontrol closed loop) adalah proses dimana variabel terkontrol secara terus-menerus diukur dan dibandingkan dengan variabel lain, yaitu variabel perintah. Proses akan dipengaruhi sesuai dengan hasil perbandingan ini dengan memodifikasi agar sesuai dengan variabel perintah.

d. Tujuan kontrol *closed loop* adalah untuk menyesuaikan nilai variabel terkontrol dengan nilai yang ditentukan variabel perintah. Sistem terkontrol dipengaruhi oleh perbandingan antara output sistem terkontrol (yakni variabel terkontrol) dan nilai variabel perintah (nilai yang ditetapkan/*setting point*).

e. Media terdiri dari media kerja dan media kontrol. Media kerja digunakan oleh aktuator dan elemen kerja, sedangkan media kontrol digunakan oleh elemen sinyal dan elemen kontrol.

f. Media kerja meliputi elektrik, pneumatik, dan hidrolik, sedangkan media kontrol dapat berupa mekanik, elektrik, elektronik, pneumatik tekanan normal, pneumatik tekanan rendah, dan hidrolik.

g. Pembagian kontrol dibedakan berdasarkan: (1) pemrosesan sinyal, (2) urutan, dan (3) realisasi program. Pembedaan berdasar pemrosesan sinyal meliputi: kontrol sinkron, kontrol asinkron, dan kontrol logika. Pembedaan kontrol berdasar urutan kerja meliputi kontrol bergantung waktu dan kontrol bergantung proses. Dan pembedaan kontrol berdasar realisasi program terdiri dari kontrol program sambungan dan kontrol program tersimpan.

2.1.4 Tugas

<table>
<tr><td>TUGAS</td><td>Lakukan pengamatan terhadap mesin/sistem kontrol yang ada di sekitar Anda, kemudian diskusikan dan catat hasilnya untuk beberapa pertanyaan berikut:

1. Termasuk kategori sistem kontrol apakah objek/mesin yang Anda amati?
2. Gambarkan diagram proses kontrolnya.
3. Identifikasilah komponen-komponen dalam mesin tersebut sesuai komponen dalam rantai kontrol.
4. Buatlah dokumentasi dalam bentuk laporan.</td></tr>
<tr><td>PETUNJUK KERJA</td><td>1. Tugas dikerjakan secara berkelompok, pilih ketua dan sekretaris.
2. Rencanakan persiapan untuk presentasi hasil diskusi kelompok dengan membuat file-powerpoint. Pilih petugas yang akan mempresentasikan di depan kelas.
3. Berdasarkan hasil diskusi kelompok, masing-masing anggota kelompok membuat laporan dan dikumpulkan kepada Guru Mapel.</td></tr>
</table>

2.1.5 Tes Formatif

Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini dengan baik dan benar!

1. Jelaskan 4 komponen hardware yang terdapat pada rantai kontrol!
2. Identifikasilah dan jelaskan mesin/sistem sehari-hari di sekitar Anda, yang menggunakan kontrol open loop.
3. Merancang 1 contoh sistem masing-masing, yang dikontrol secara open loop (kontrol/pengendalian) dan yang dikontrol secara close loop (kontrol otomatis/pengaturan). Jelaskan perbedaannya!
4. Jelaskan dan gambarkan pula kontrol mesin di industri yang Anda ketahui!.

2.1.6 Lembar Jawaban Tes Formatif

2.1.7 Lembar Kerja Peserta Didik

2.2 Kegiatan Belajar 2: Metode Penggambaran dalam Teknik Kontrol

2.2.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah selesai mempelajari materi ini, peserta didik dapat:

a. Menjelaskan cara penggambaran urutan gerakan dengan menuliskan urutan kronologis
b. Menjelaskan cara penggambaran urutan gerakan dengan tabel
c. Menjelaskan cara penggambaran urutan gerakan dengan diagram vektor
d. Menjelaskan cara penggambaran urutan gerakan dengan notasi singkatan
e. Menjelaskan cara penggambaran urutan gerakan dengan chart fungsi
f. Menjelaskan cara penggambaran urutan gerakan dengan diagram gerakan
g. Menggambarkan urutan gerakan dengan chart fungsi
h. Menggambarkan urutan gerakan dengan diagram gerakan.

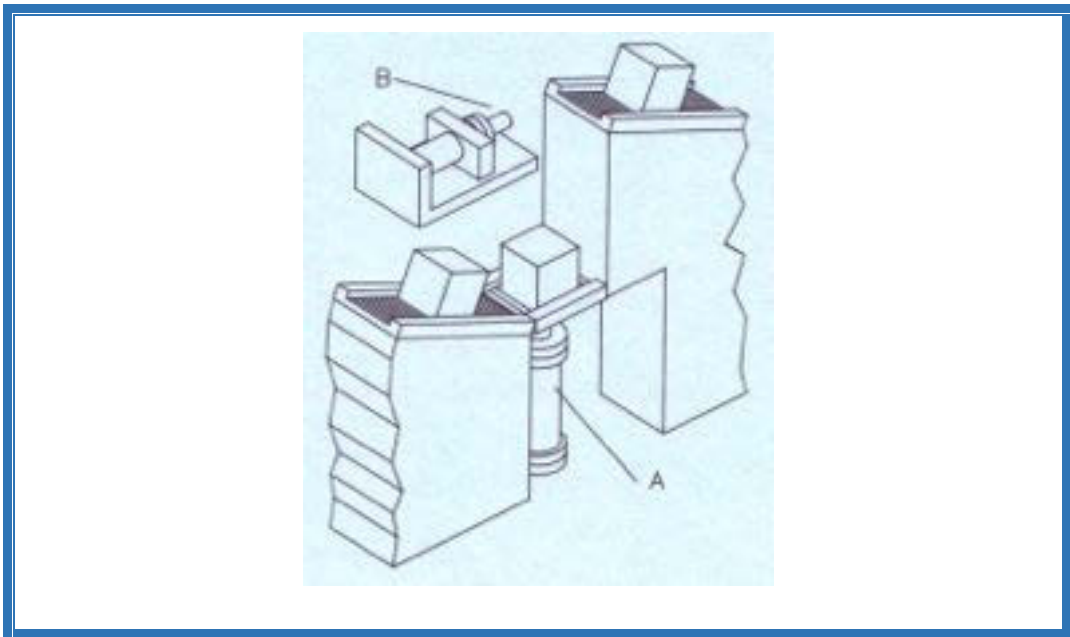
2.2.2 Uraian Materi

METODE PENGGAMBARAN TEKNIK KONTROL

A. Penggambaran Urutan Gerakan dan Kondisi Pensakelaran

Urutan gerakan dan kondisi pensakelaran harus digambarkan secara jelas. Dengan penggambaran yang baik, maka tingkat persoalan yang lebih komplek pun dapat dijelaskan secara cepat.

Contoh:

Paket yang datang di atas rol konveyor kemudian diangkat oleh silinder pneumatik A dan didorong masuk ke dalam konveyor lain oleh silinder kedua B. Persyaratan yang diminta bahwa silinder B hanya akan kembali jika silinder A telah mencapai posisi minimal (belakang).

Gambar 1.29 Tata letak mesin pemindah paket

A.1 Menulis dalam Urutan Kronologis

Silinder A bergerak keluar dan mengangkat paket.

Silinder B mendorong paket ke dalam konveyor 2.

Silinder A kembali turun.

Silinder B kembali mundur.

A.2 Bentuk Tabel

Jika diformulasikan dengan tabel, maka akan nampak sebagai berikut:

Tabel 1.1 Tabel penggambaran urutan gerakan

Langkah kerja	Gerakan silinder A	Gerakan silinder B
1	Keluar	--
2	--	Keluar
3	Kembali	--
4	--	Kembali

A.3 Diagram Vektor

Penyederhanaan penggambaran dapat dilakukan dengan diagram vektor. Gerakan maju digambarkan dengan →, sedangkan gerakan mundur digambarkan dengan ←.

A →

B →

A ←

B ←

A.4 Notasi Singkatan

Penyederhanaan penggambaran dapat pula dilakukan dengan notasi singkatan. Gerakan maju disimbolkan dengan +, sedangkan gerakan mundur disimbolkan dengan –.

A +, B +, A –, B – atau

A +

B +

A –

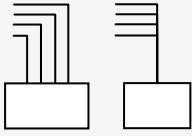
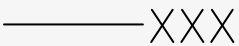
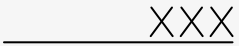
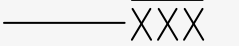
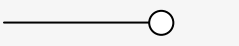
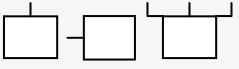
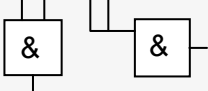
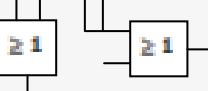
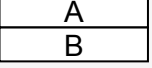
B –

A.5 Chart Fungsi

Bagian ini menjelaskan simbol grafis yang sangat penting dan petunjuk penggambaran sejauh diperlukan untuk memahami chart fungsi sesuai DIN 40719.

A.5.1 Tujuan Chart Fungsi

Chart fungsi adalah penggambaran berorientasi proses dari permasalahan kontrol, bukan urutan cara realisasi, jadi tidak bergantung pada perlengkapan yang digunakan, pengkabelan atau tempat. Chart fungsi mengganti atau melengkapi penjelasan tertulis dari permasalahan kontrol.

Chart fungsi menyajikan cara komunikasi antara pabrik pembuat dan pengguna. Chart fungsi memfasilitasi koordinasi dari berbagai spesialis seperti teknik mesin, pneumatik, hidrolik, teknik proses, teknik listrik, elektronik, dan lain-lain. Chart fungsi memberikan gambaran permasalahan kontrol menunjukkan karakteristik pokok atau detail yang diperlukan dari aplikasi khusus. Chart fungsi adalah jenis chart yang bebas dan melengkapi dokumentasi penyerta dari rangkaian.

A.5.2 Aturan dan Simbol Grafis Chart Fungsi

Penggambaran chart fungsi menggunakan simbol-simbol yang telah ditetapkan.

Tabel 1.2 Simbol-simbol dalam chart fungsi

Simbol	Arti
☐	Bentuk dasar simbol fungsi
▭	Bentuk dasar ditam-bahkan oleh identifier fungsi
———	Garis aksi secara umum

Simbol	Arti
Gambar Detail Gambar sederhana	Kumpulan diagram garis-garis aksi
XXX	Penandaan variabel-variabel (sinyal input atau output)
XXX	Tanda yang menunjukkan kondisi dimana variabel (sinyal) bernilai 1
$\overline{XXX}$	Pembalikan (negasi) tanda
	Titik akhir garis aksi
	Input Input ditetapkan di atas atau di sisi kiri. Dalam susunan input-input, sinyal input dapat diperluas melewati satu atau kedua sudut.
	Output Output disusun pada bagian bawah atau pada sisi kanan.
& &	Gerbang AND Variabel pada output hanya akan berniai 1 jika variabel pada semua input bernilai 1
≥1 ≥1	Gerbang OR Variabel pada output hanya akan berniai 1 jika minimal 1 input bernilai 1
A B	Langkah/Step Bagian A berisi nomor langkah. Disini dapat dituliskan angka. Bagian B dapat diisi teks yang relevan.

Simbol	Arti

A	B	C

Bagian-bagian perintah

Bagian A: Jenis perintah

D = ditunda

S = disimpan

SD = disimpan dan ditunda

NS = tidak disimpan

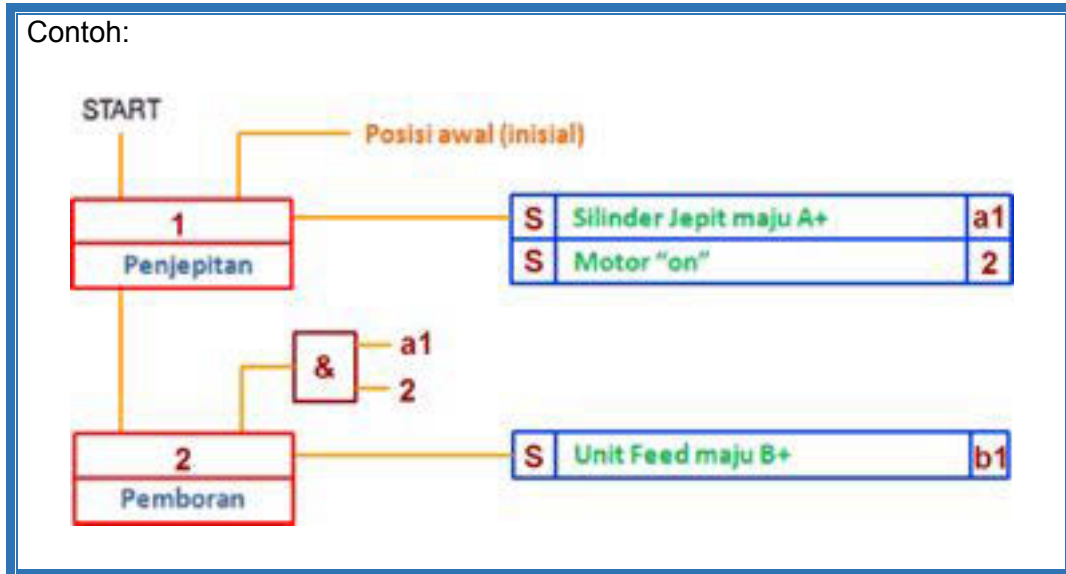
NSD = tidak disimpan dan ditunda

SH = disimpan, selama power gagal

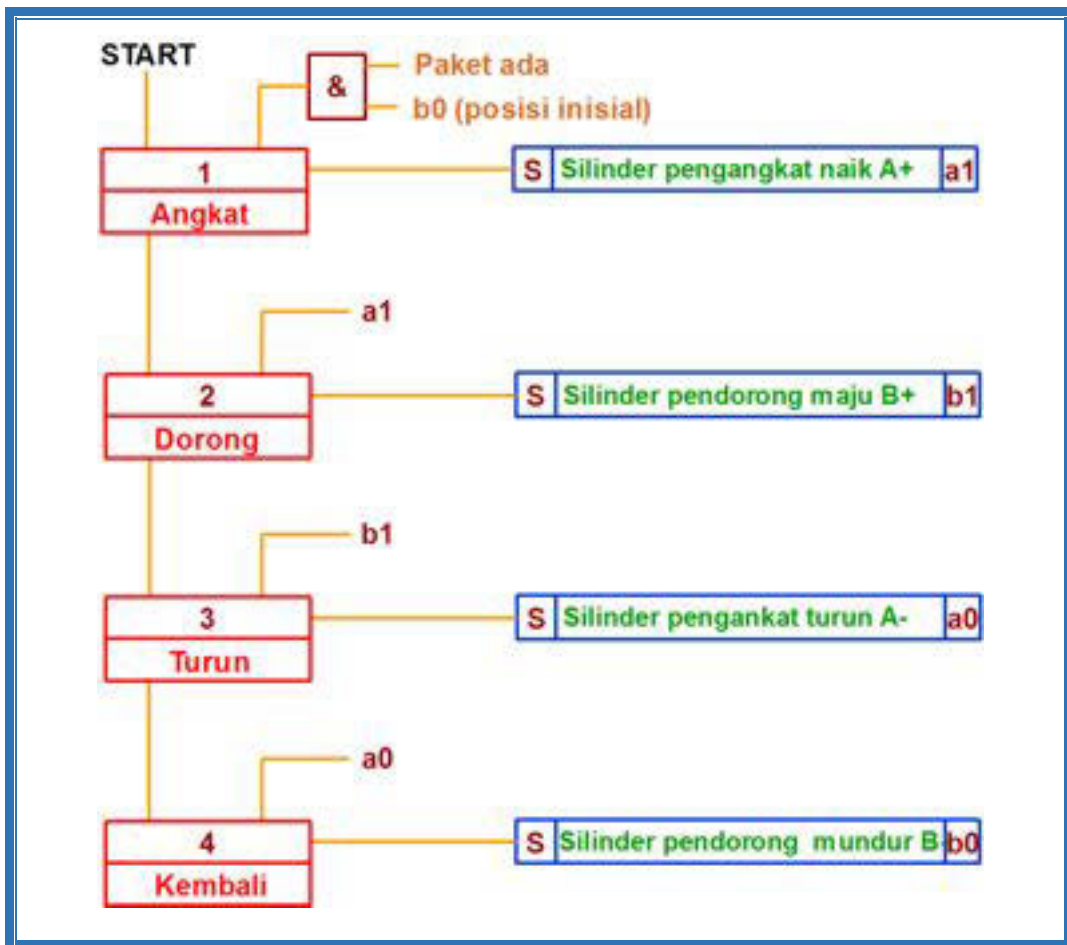
T = waktu terbatas

ST = disimpan dan waktu terbatas

Bagian B: Akibat dari perintah, contoh silinder jepit maju/keluar (A+)

Bagian C: Seringkali urutan dari langkah n ke n+1 tergantung pada eksekusi perintah yang diberikan oleh n. Untuk menyederhanakan penggambaran, perintah-perintah ini dan sinyal responnya ditandai dengan angka.

Gambar 1.30 Contoh chart fungsi sederhana

Langkah 1 adalah langkah penjepitan, yang diawali dari posisi inisial sebagai inputnya, maka efek yang diharapkan silinder penjepit maju dan motor berjalan. Jika silinder maju telah mencapai posisi maksimal, maka sensor a1 akan aktif, sedangkan motor ON akan ditandai dengan sensor 2. Setelah langkah 1 aktif, dan sensor a1 dan 2 juga aktif, maka selanjutnya masuk ke langkah 2, yaitu langkah pengeboran. Efek pada langkah ini adalah majunya unit Feed yang selanjutnya akan mengaktifkan sensor b1. Demikian seterusnya.

A.5.3 Penggambaran Chart Fungsi Mesin Pemindah Paket

Gambar 1.31 Chart fungsi gerakan mesin pemindah paket A+, B+, A-, B-

Penjelasan chart fungsi:

Langkah 1:

Langkah 1 “Angkat” berlangsung jika paket ada dan posisi start rangkaian dikonfirmasi oleh limitswitch b0 dan sinyal start diberikan. Jika sinyal untuk memajukan silinder angkat (A+) diperlukan untuk beberapa langkah, maka perlu disimpan.

Langkah 2:

Jika sinyal 1 diberikan dan konfirmasi diterima dari limitswitch a1, langkah 2 “dorong (B+)” dijalankan. Sama halnya, sinyal ini harus disimpan.

Langkah 3:

Sinyal 2 dan konfirmasi diterima dari limitswitch b1 mempunyai efek memulai langkah 3, “Turun (A-)”. Sinyal disimpan.

Langkah 4:

Sinyal 3 dan konfirmasi dari a0 mengawali langkah 4, “Kembali (B-)”. Konfirma. .si dari b0 (“posisi inisial”) bersama-sama dengan “START” dan “ada paket” memulai langkah 1 lagi.

A.6 Penggambaran Grafik dalam Bentuk Diagram Fungsi

Aturan 3260 VDI (edisi 1977) berkonsentrasi dengan penggambaran urutan fungsi dari kerja mesin dan produksi pabrik.

Diagram fungsi digunakan untuk menggambarkan urutan fungsi mekanik, pneumatik, hidrolik, kontrol elektrik dan elektronik, juga kombinasi dari jenis-jenis kontrol seperti elektropneumatik, elektro-hidrolik, dan lain-lain.

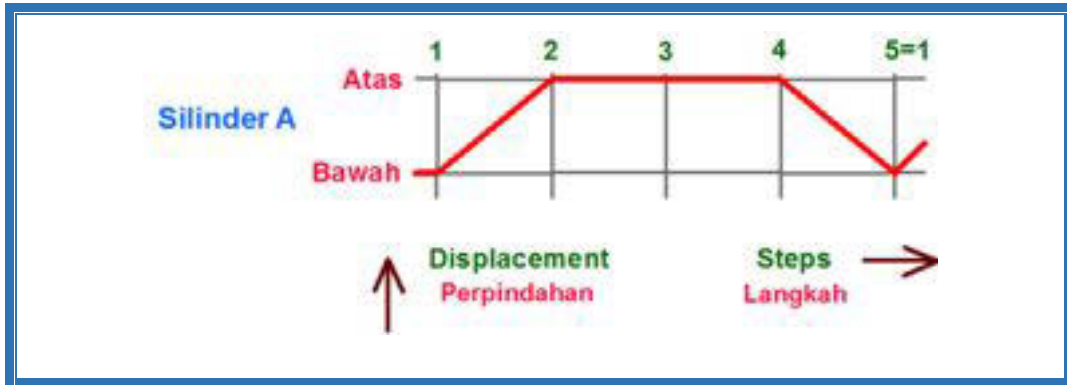
Diagram fungsi menjadi dasar untuk penggambaran chart fungsi. Dalam penggambaran urutan fungsional, seseorang harus membedakan antara diagram gerakan dan diagram kontrol. Diagram gerakan dan diagram kontrol disebut diagram fungsi.

Oleh karena **diagram gerakan** merekam kondisi berkait dengan komponen dan elemen kerja, **diagram kontrol** menyediakan informasi terkait dengan kondisi elemen kontrol secara individu. Ketika kedua diagram digunakan bersama, maka dikatakan **diagram fungsi**.

A.6.1 Diagram Gerakan

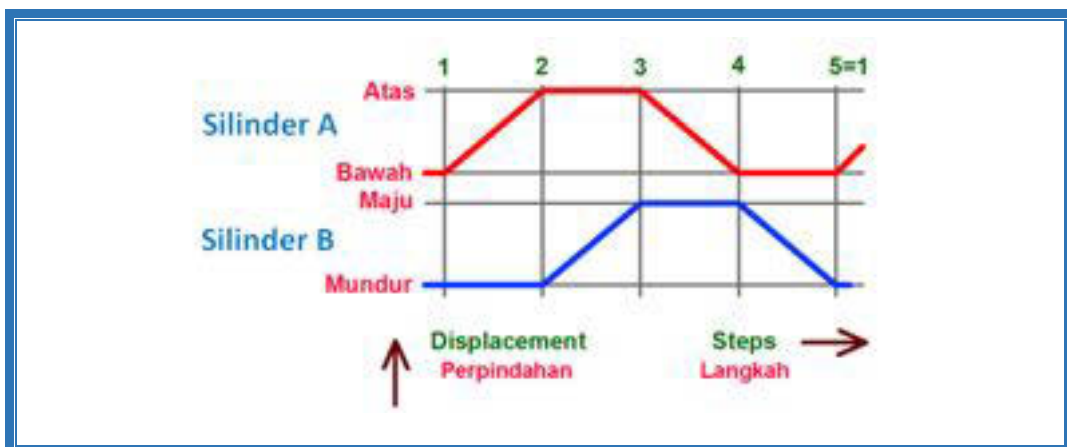
A.6.1.1 Diagram Pemindahan-langkah

Urutan operasi elemen kerja digambarkan dengan diagram ini. Pemindahan dicatat dalam hubungannya dengan variasi langkah (langkah: perubahan kondisi beberapa komponen). Jika kontrol memiliki beberapa elemen kerja, ini

digambarkan dengan cara yang sama dan digambar secara berlapis, satu diagram dibawah diagram yang lain. Hubungannya ditunjukkan dengan langkah.

Gambar 1.32 Diagram pemindahan-langkah

Untuk silinder pneumatik A, diagram pemindahan-langkah diperlihatkan:

Dari langkah 1 ke langkah 2, silinder bergerak dari posisi belakang ke ujung depan. Dari langkah 4, silinder kembali dan mencapai posisi belakang pada langkah 5.

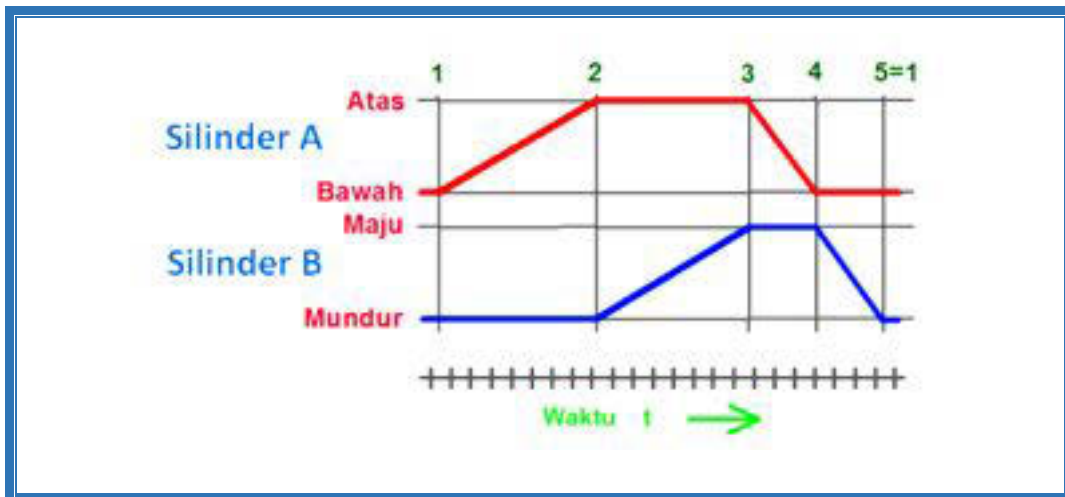
Diagram pemindahan-langkah untuk mesin pemindah paket diperlihatkan sebagai berikut:

Gambar 1.33 Diagram pemindahan-langkah mesin pemindah paket

Rekomendasi tata letak penggambaran:

- Langkah sebaiknya digambarkan pada axis horisontal.

- Jika mungkin, pemindahan jangan digambarkan dengan skala, tetapi ukuran sama untuk semua komponen.
- Dengan beberapa unit, jarak antara pemindahan jangan dibuat terlalu kecil.
- Jika kondisi sistem berubah selama gerakan, contoh dengan pengoperasian limitswitch selama silinder berada di posisi tengah, atau dengan merubah kecepatan maju silinder, langkah ditengah dapat diberikan.
- Langkah dapat dinomori sesuai keperluan.
- Penandaan kondisi adalah opsional. Seperti contoh di atas dengan menentukan posisi silinder (belakang – depan, atas – bawah, dan sebagainya) atau dengan menggunakan digit biner (contoh 0 untuk posisi belakang, L atau 1 untuk posisi depan).
- Penandaan unit terkait ditulis di sebelah kiri diagram, contoh silinder A.

A.6.1.2 Diagram Pemindahan-Waktu

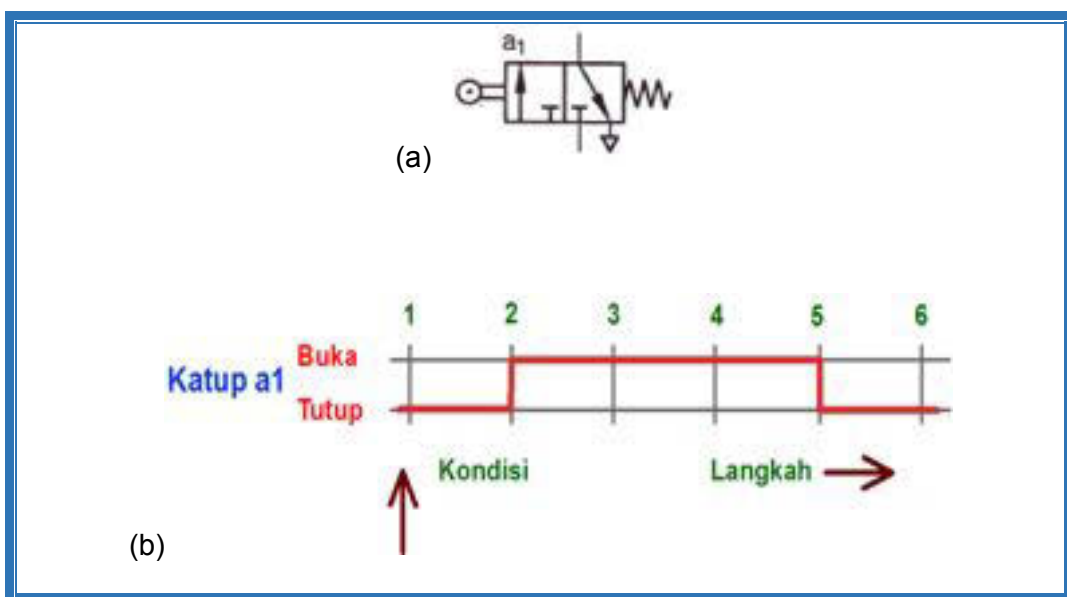
Pemindahan komponen digambarkan dalam hubungannya dengan waktu. Berbeda dengan diagram Pemindahan-langkah, diagram ini aksis waktu t digambarkan horisontal terhadap skala dan menetapkan hubungan antara komponen-komponen.

Gambar 1.34 Diagram pemindahan-waktu mesin pemindah paket

Aturan penggambaran diagram pada dasarnya sama seperti diagram pemindahan-langkah. Dalam diagram pemindahan-waktu memungkinkan hubungan terlihat lebih jelas, juga tumpang-tindih dan variasi kecepatan kerja.

Berikut ini direkomendasikan untuk penggambaran diagram pemindahan waktu:

- Diagram pemindahan-langkah lebih disukai untuk konsep dan penggambaran diagram langkah (kontrol gerakan sistematik)
- Diagram pemindahan-waktu lebih disukai untuk konsep dan penggambaran kontrol waktu (kontrol berurutan tergantung waktu)
- Jika diagram dibuat untuk elemen kerja yang berputar (motor listrik, motor udara), prosedur dasar yang sama harus diikuti.

A.6.1.3 Diagram Kontrol

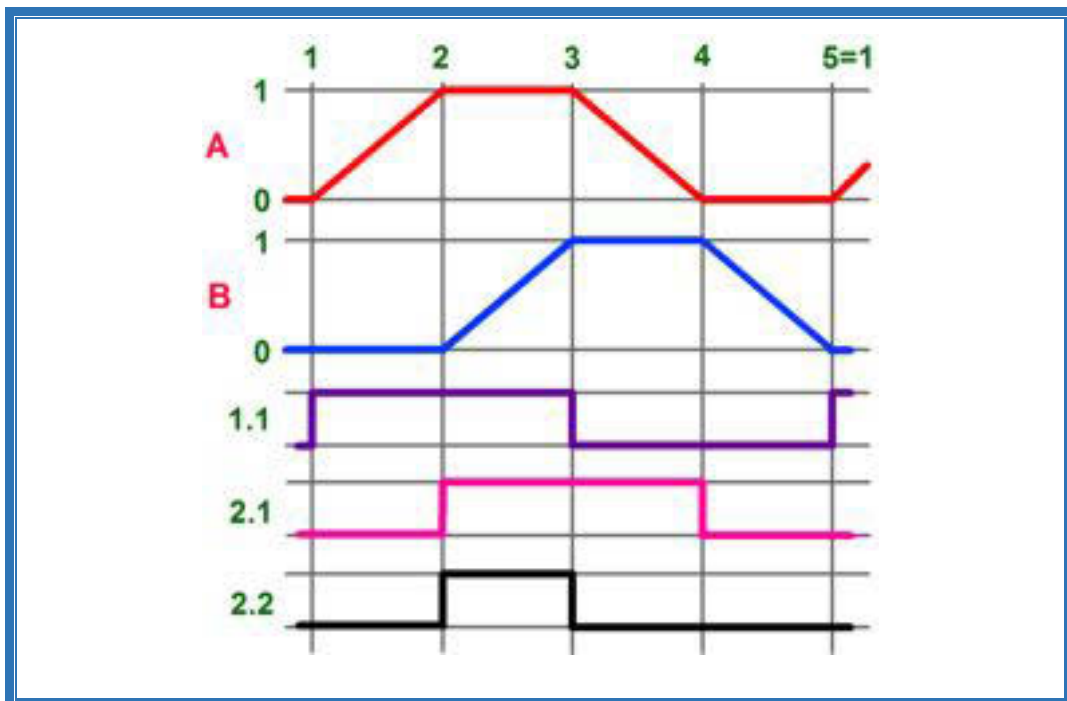
Dalam diagram kontrol, kondisi pensakelaran elemen kontrol diperlihat-kan dalam hubungannya dengan langkah atau waktu, waktu pensakelaran itu sendiri tidak diperhatikan, misal kondisi katup a1.

Gambar 1.35 Diagram kontrol

Katup terbuka pada langkah 2 dan tertutup pada langkah 5.

Hal-hal yang perlu diperhatikan:

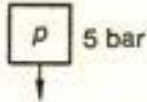
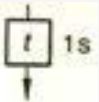
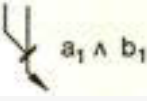
- Diagram kontrol sebaiknya digambar dalam kaitannya dengan diagram gerakan.

- Langkah atau waktu harus ditempatkan pada aksis horisontal.
- Tinggi dan pemisahan adalah opsional, tetapi sebaiknya digunakan untuk memberi kejelasan.

Kombinasi dari diagram gerakan dan kontrol (yaitu diagram fungsi) untuk mesin pemindah paket diperlihatkan di bawah ini. Diagram fungsi memperlihat-kan kondisi katup kontrol arah yang mengontrol silinder, dan kondisi limitswitch 2.2 yang dipasang pada sisi depan silinder.

Gambar 1.36 Diagram fungsi

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, waktu pensakelaran komponen tidak dipertimbangkan dalam diagram fungsi. Untuk limitswitch 2.2, garis aktuasi sebaiknya digambarkan sebelum atau sesudah garis langkah, karena dalam praktiknya aktuasi tidak terjadi tepat pada posisi ini, tetapi sesaat sebelum atau sesudah posisi ini.

B. Standar Penggambaran dan Simbol

Bagian ini memperlihatkan bebera-pa simbol penting dan istilah berdasar pada aturan VDI 3260 dan DIN 55003. Simbol-simbol ini dapat diterapkan untuk penggambaran dan diagram.

B.1 Gerakan

Tabel 1.3 Standar simbol gerakan

Simbol	Arti
	Gerakan lurus sesuai arah anak panah.
	Gerakan lurus dua arah.
	Gerakan lurus sesuai arah anak panah, terbatas.
	Gerakan lurus sesuai arah anak panah, terbatas, bolak-balik sekali
	Gerakan lurus sesuai arah anak panah, terbatas, bolak-balik terus menerus
	Gerakan berputar sesuai arah panah
	Gerakan berputar dalam dua arah
	Gerakan berputar sesuai arah panah, terbatas
	Putaran/Operasi kontinyu/siklus kontinyu
	Satu putaran/sekuen tunggal/ siklus tunggal
min	Putaran/menit
	Pengukur tekanan sesuai DIN 2481
	Instrumen elektrik sesuai DIN 40716
	Motor listrik

Tabel 1.4 Simbol-simbol elemen sinyal, garis sinyal dan operasi logika sesuai VDI 3260 untuk penggambaran diagram pemindahan-langkah

Simbol	**Arti**
	ON
	OFF
	ON/OFF
	OTOMATIS ON
	INCHING (tersambung selama tombol ditekan)
	EMERGENCY SHUTDOWN (warna merah)
	Limitswitch
p 5 bar	*Pressure switch*
t 1s	Elemen waktu
$a_1 \vee b_1$	Kondisi OR (Simbol $\vee$)
$a_1 \wedge b_1$	Kondisi AND (Simbol $\wedge$)
$\bar{a}_1$	Kondisi NOT (Simbol $\overline{a_1}$)

Simbol	Arti
	Pencabangan
	Keluaran dari mesin yang berbeda
	Menuju ke mesin yang berbeda

Tabel 1.5 Kode warna tombol tekan dan lampu

Warna	Tombol Tekan	Indikator
Merah	*STOP/OFF* *EMERGENCY STOP*	Kondisi aktif (tersambung on)
Kuning	*Start* untuk siklus pertama	Gangguan
Hitam	*ON*	
Hijau	*Start*	Kondisi terbuka (siap untuk mulai)
Biru		Balasan

Tabel 1.6 Simbol-simbol fungsional (jenis-jenis energi)

Simbol	Arti
	Operasi hidrolik
	Operasi pneumatik
	Operasi mekanik
	Operasi elektrik

C. Pemecahan Masalah Kontrol

Urutan diberikan dalam hal ini untuk memecahkan masalah kontrol yang ditemukan dalam banyak kasus praktis. Daftar masalah harus diklarifikasi, dan berbagai kemungkinan nyata harus ditetapkan dan dicatat.

C.1 Definisi Masalah, Pembatasan Kondisi

Pertama, masalah dan tujuan khusus harus didefinisikan secara jelas. Kondisi tambahan/bantu juga harus didata, sebagai contoh:

- Kemudahan operasi
- Pengaman diluar sistem
- Keajegan unjuk kerja
- Dan lain-lain.

Untuk menjamin bahwa ekspresi yang digunakan adalah sama, istilah dan klasifikasi berikut berkaitan dengan definisi:

Kondisi Bantu:

- Kondisi bantu untuk urutan fungsional:
  - Kondisi *start*
  - Kondisi *setting-up*
  - Kondisi keselamatan
- Kondisi bantu yang mempengaruhi operasi:
  - Pengaruh lingkungan, tempat instalasi
  - Suplai
  - Petugas

Kemungkinan kondisi bantu untuk urutan fungsi:

Kondisi Start dan Setting-up

OPERASI OTOMATIS: AUT

Siklus tunggal ○ Satu urutan operasi

Siklus kontinyu ○ Operasi kontinyu

Operasi *inching* Langkah-demi langkah mengikuti urutan gerakan

OPERASI MANUAL: MAN

“SET” Setiap elemen kerja dapat dioperasikan terpisah dalam beberapa urutan

“RESET” Dengan pengoperasian tombol “Reset”, sistem dibawa dalam definisi posisi.

Kondisi Keselamatan:

EMERGENCY STOP:

Posisi elemen kerja diasumsikan jika kondisi EMERGENCY STOP diterapkan harus didefinisikan secara jelas sebelumnya.

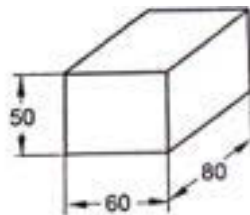
EMERGENCY STOP (tanpa pengunci):

Sistem muncul lagi untuk operasi selanjutnya.

Energi kerja, elemen kerja

Jika energi kerja telah ditetapkan, elemen kerja dapat dipilih dan dialokasikan.

D. Contoh Kasus

Sebuah benda bentuk segi empat, ukuran 80x60x50 akan dicap pada salah satu sisinya. Urutan operasi dikerjakan secara otomatis.

Bahan	: Aluminium pejal
Gaya stempel yang diperlukan	: ~ 800 N
Jumlah	: ~ 8000 buah/hari
Berat pukulan	: ~ 80 N

D.1 Prosedur Pemecahan Masalah

Solusi yang berbeda dapat pula diberikan. Salah satunya adalah sebagai berikut.

D.2 Definisi Masalah dan Kondisi

Operasi kerja akan dibentuk:

- Tumpukan benda kerja (*gravity feed magazine*)
- Pengeluaran benda kerja (tekan)
- Menahan benda kerja (jepit)
- Mengerjakan benda kerja (pukul)
- Membuang benda kerja

Menentukan persyaratan bantu:

a. Memulai sistem dengan tombol "START"
b. Sakelar pilih "siklus tunggal", "kontinyu"
    - Posisi "siklus tunggal": Satu siklus kerja dilakukan, kemudian berhanti di posisi awal.
    - Posisi "kontinyu": Setelah menekan tombol "START", operasi berjalan secara otomatis hingga sinyal "siklus tunggal" diberikan atau *EMERGENCY STOP*.
    - Deteksi *magazine*: Jika *magazine* kosong, sistem akan berhenti pada posisi awal, dan tidak mungkin mulai lagi hingga *magazine* terisi.
    - *EMERGENCY STOP*: Jika tombol ini ditekan, sistem harus kembali segera ke posisi awal dan siap untuk memulai lagi setelah tombol *EMERGENCY STOP* dilepas.

D.3 Memilih Energi Kerja dan Posisi Komponen Kerja

Operasi yang akan dilakukan dapat diselesaikan semua dengan gerakan lurus.

Gaya yang diperlukan : kecil (gaya pukul Maksimal 800 N)
Panjang gerakan : maks. 200-300 mm
Kecepatan kerja : dengan 8 jam

Operasi kerja : ~ 3.6 det/benda kerja

Energi kerja yang dipilih : Pneumatik

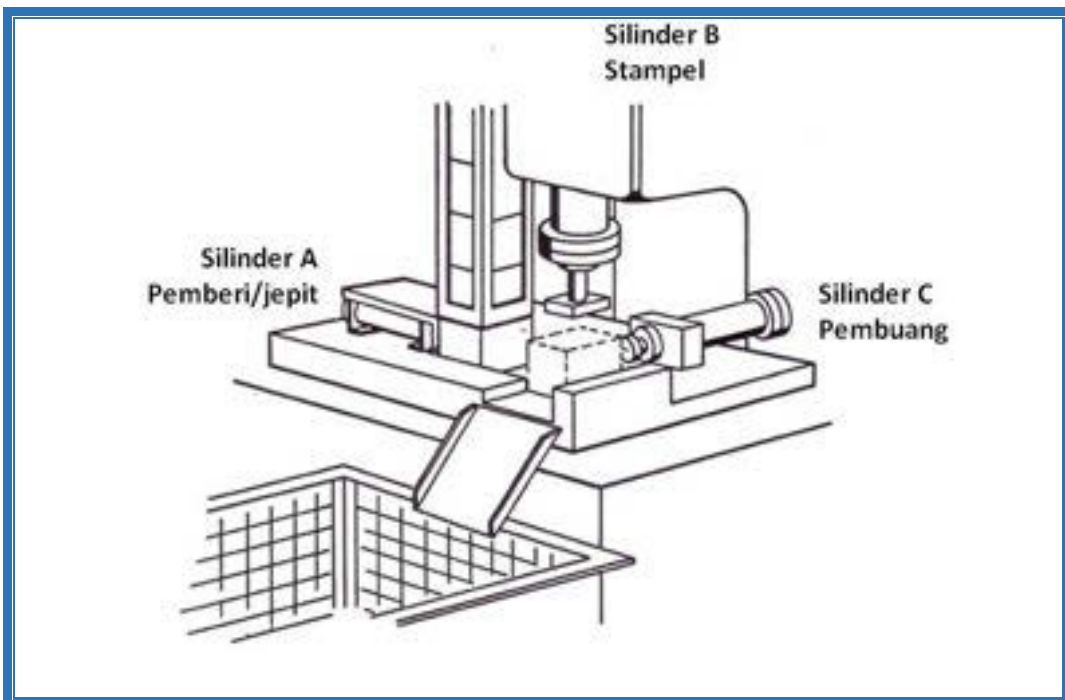
Komponen kerja yang diperlukan:

- Silinder pemberi : A
- Silinder penjepit : A
- Silinder pemukul : B
- Silinder pembuang : C

Jika rancangan bagus, operasi pemberian benda kerja dan penjepitan dapat dilakukan oleh satu silinder.

Penempatan elemen kerja

Gaya dan panjang langkah cukup mampu mengoperasikan *limitswitch*. Dengan memperhatikan keselamatan kerja dan kecepatan kerja, tiga silinder dipilih jenis silinder kerja ganda.

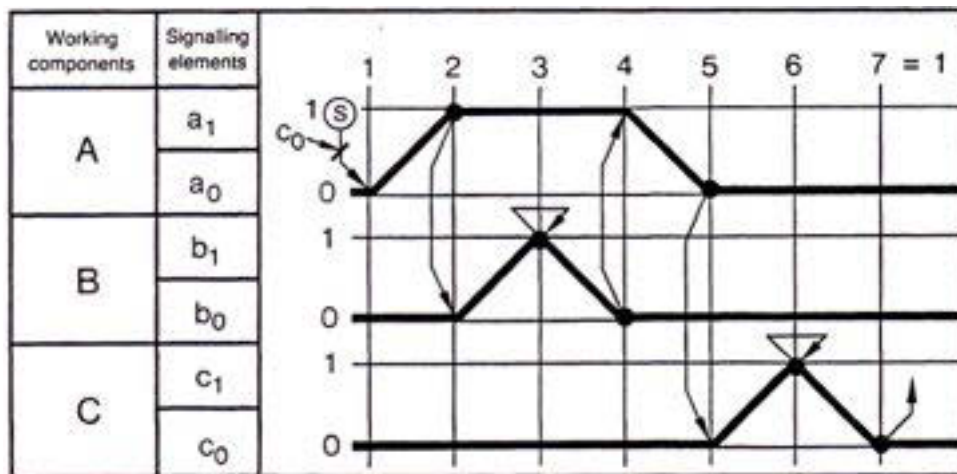
D.4 Sket Posisi

D.5 Penentuan Urutan Operasi

Urutan kerja:

- Tekan masuk A
- Jepit A
- Stempel B
- Lepas jepit A
- Buang C

Urutan gerakan: dengan notasi singkat

- A+
- B+
- B-
- A-
- C+
- C-

Diagram pemindahan-langkah

D.6 Pemilihan jenis kontrol

Identifikasi group utama:

- Ini adalah kontrol program (kontrol otomatis dengan aturan khusus).
- Pemilihan jenis kontrol program: misal di sini, kontrol gerakan terkoordinasi.

Alasan:

- Keajegan operasi
- Untuk lingkup masalah, kemungkinan solusi termurah (tidak ada transmitter program)
- Perubahan program tidak diperlukan.

D.7 Energi kontrol

Mengacu kepada media kerja dan lingkup persoalan, ada dua kemungkinan: pneumatik dan elektrik, dan dalam hal ini, solusi dengan pneumatik seluruhnya adalah lebih disukai. (Hanya satu bentuk energi untuk kerja dan kontrol, tidak diperlukan konverter, hanya satu suplai energi ke mesin, keajegan operasi sangat tinggi, tidak peka, dan lain-lain).

Kondisi operasi juga dipertimbangkan:

- Ketersediaan tenaga perawatan
- Lingkungan dimana mesin ditempatkan.

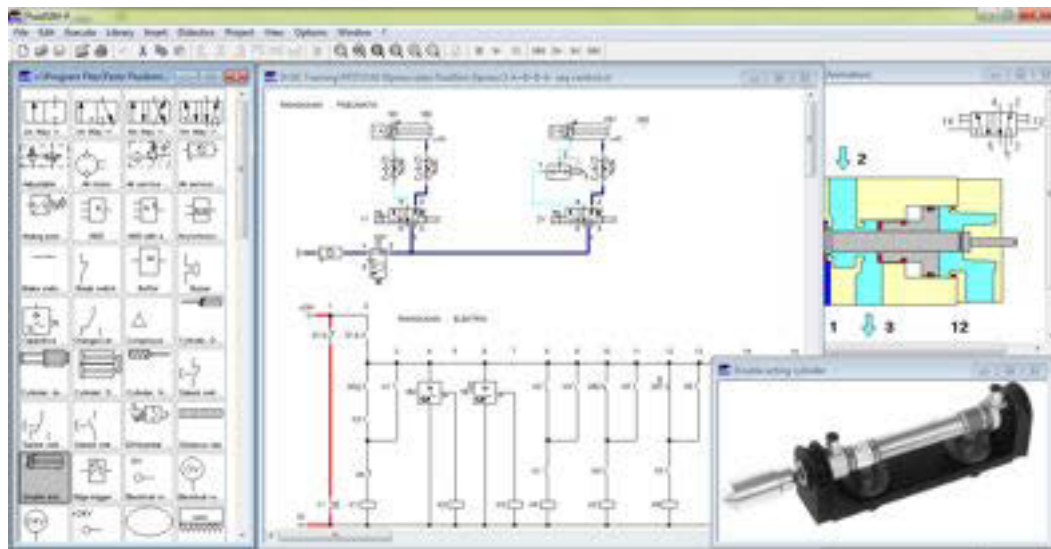
Dipilih: Pneumatik.

E. Software Kontrol

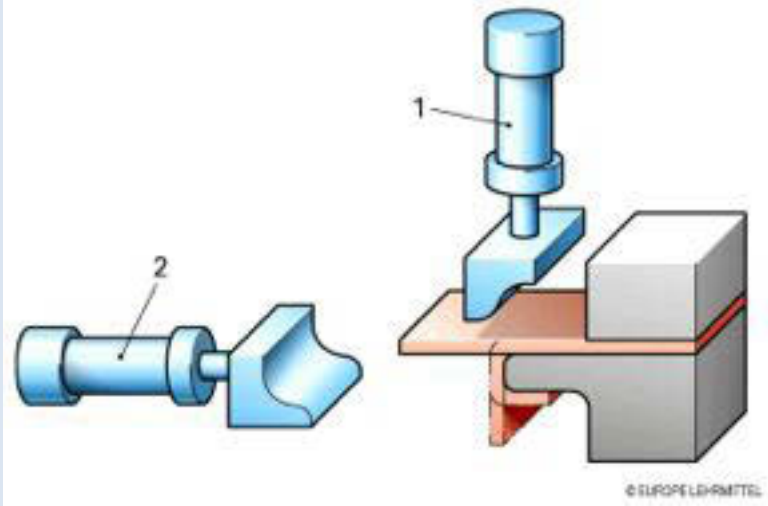
Sebenarnya banyak software yang ada di pasaran yang dapat digunakan untuk membantu menyelesaikan tugas kontrol. Industri kontrol yang berbeda biasanya memiliki produk software yang berbeda pula, disesuaikan dengan produk hardwarenya. Berikut ini beberapa contoh software, yang sering digunakan, diantaranya yang dikeluarkan oleh FESTO, meliputi: FluidSim P (untuk kontrol pneumatik), FluidSim H (untuk kontrol hidrolik), RobotinoView (untuk kontrol mobile-robotic), dan lain lain.

Software pemrograman PLC, diantaranya adalah FST (untuk PLC Festo), Melsoft GX (untuk PLC Mitsubishi), STEP 7 (untuk PLC Siemens), CX-Programmer (untuk PLC Omron), RSLogix (untuk PLC AllenBradley). Sedangkan software pemrograman microcontroller diantaranya pemrograman bahasa asembler, Read51, Integrated Development Environment (IDE), BASCOM, CodeVisionAVR, dll. Untuk menuliskan hasil program ke IC, dapat digunakan diantaranya Atmel Mikrokontroler ISP Software.

Software kontrol juga dikeluarkan Rockwell Automation bermitra dengan Autodesk, dengan produknya EPLAN Electric P8, EPLAN Fluid, EPLAN PPE, EPLAN Pro Panel, dan lain-lain. Mathworks juga mengeluarkan software Matlab, National Instrument (LabView). Software simulasi seperti livewire, EWB, dan Multisim juga sangat bermanfaat untuk melakukan praktik secara virtual menggunakan komputer.

Software proses otomasi diantaranya CIROS (Festo). Software visualisasi proses diantaranya adalah WinCC (Siemens), EasyVeep, InTouch, Visual Basic, dan lain-lain.

Gambar 1.37 Tampilan Software FluidSim

Gambar 1.38 Tampilan Software CIROS® Automation Suite

Gambar 1.39 Tampilan Software Visualisasi InTouch

2.2.3 Rangkuman

a. Penggambaran urutan gerakan dapat dilakukan dengan (1) menulis dalam urutan kronologis, (2) bentuk tabel, (3) diagram vektor, (4) notasi singkatan, (5) diagram fungsi, dan (6) chart fungsi.

b. Diagram fungsi menjadi dasar untuk membentuk chart fungsi.

c. Diagram fungsi merupakan gabungan diagram gerakan dan diagram kontrol.

d. Diagram gerakan merekam kondisi komponen dan elemen kerja, sedangkan diagram kontrol menyediakan informasi kondisi elemen kontrol secara individu.

e. Diagram gerakan terdiri dari diagram pemindahan-langkah dan diagram pemindahan-waktu.

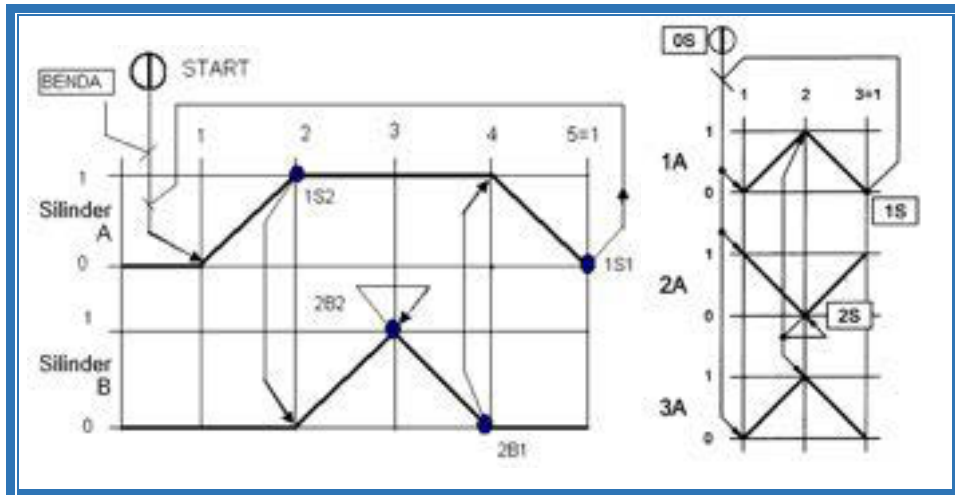
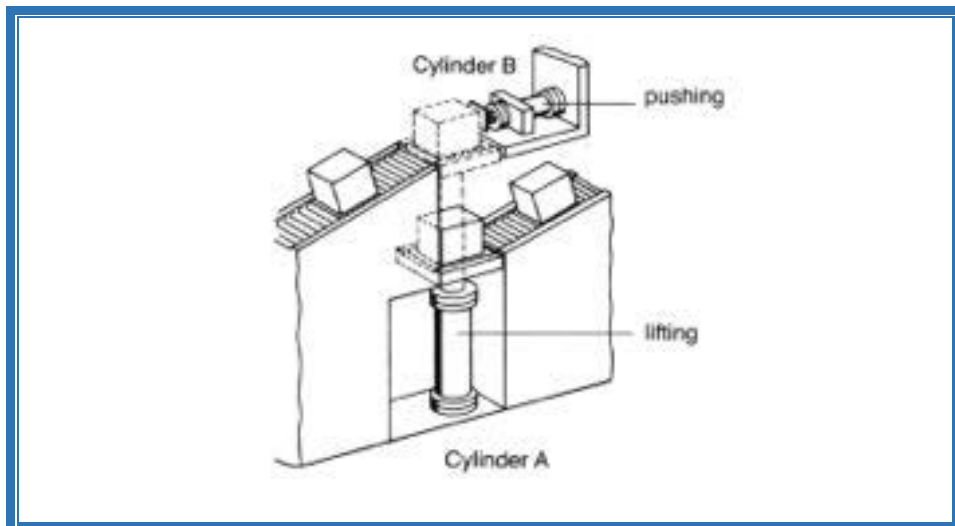
f. Chart fungsi adalah penggambaran berorientasi proses dari permasalahan kontrol. Chart fungsi mengganti atau melengkapi penjelasan tertulis dari permasalahan kontrol.

2.2.4 Tugas

TUGAS	Amati dan perhatikan gambar sket mesin dibawah! Bertanyalah kepada narasumber terhadap beberapa istilah/konsep/problem yang menjadi problem. Jika mesin tekuk akan dikontrol dengan gerakan secara berurutan, maka kumpulkan informasi dan analisislah kemudian buatlah perencanaannya meliputi: 1. Tuliskan urutan gerakan mesin dalam bentuk notasi singkatan! 2. Buat urutan gerakan silinder dalam bentuk diagram fungsi? 3. Rencanakan chart fungsinya. 4. Buatlah resume dan dokumentasikan dalam bentuk laporan.
PETUNJUK KERJA	1. Tugas dikerjakan secara berkelompok, pilih ketua dan sekretaris. 2. Rencanakan persiapan untuk presentasi hasil diskusi kelompok dengan membuat file-powerpoint. Pilih petugas yang akan mempresentasikan di depan kelas. 3. Berdasarkan hasil diskusi kelompok, masing-masing anggota kelompok membuat laporan dan dikumpulkan kepada Guru Mapel.

2.1.5 Tes Formatif

Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini dengan baik dan benar!

1. Urutan gerakan dan kondisi pensakelaran dapat dijelaskan dalam bentuk apa? Sebutkan!
2. Buatlah chart fungsi dari gambar diagram pemindahan-langkah berikut:

3. Rencanakan kontrol pada gambar dibawah, sebagai kontrol bergantung waktu dan jelaskan perbedaan untuk kontrol bergantung proses.

2.1.6 Lembar Jawaban Tes Formatif

2.1.7 Lembar Kerja Peserta Didik

BAB III
TEKNIK DIGITAL

3.1 Kegiatan Belajar 3: Hubungan Logika Dasar

3.1.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah selesai mempelajari materi ini, peserta didik dapat:

a. Menjelaskan bentuk-bentuk sinyal dalam teknik digital
b. Menjelaskan konsep hubungan logika dasar AND, OR dan NOT
c. Menggambarkan simbol-simbol logika dasar AND, OR, dan NOT
d. Menjelaskan persamaan fungsi dan tabel kebenaran fungsi AND, OR dan NOT
e. Menerapkan konsep logika untuk menyelesaikan persoalan sehari-hari

3.1.2 Uraian Materi

HUBUNGAN LOGIKA DASAR

A. Bentuk-bentuk Sinyal

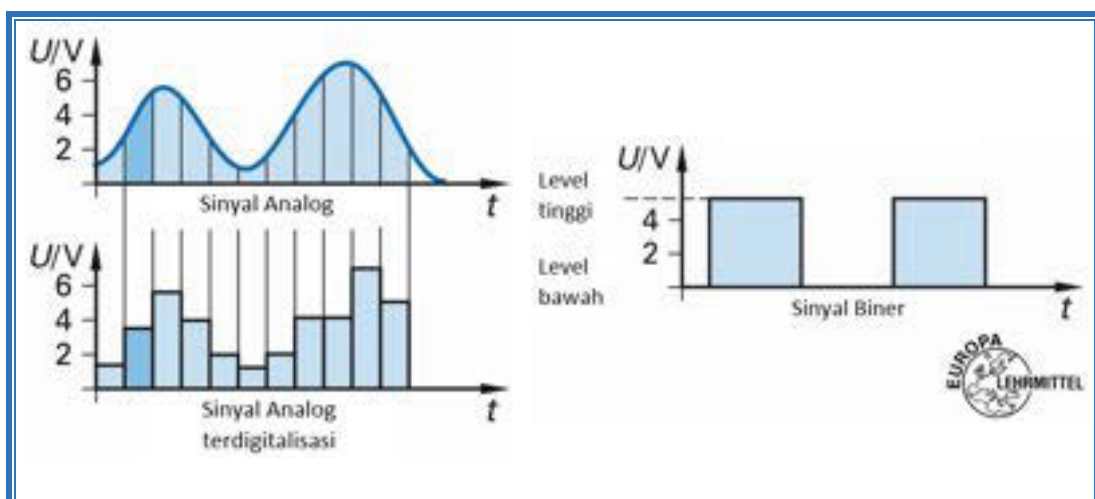
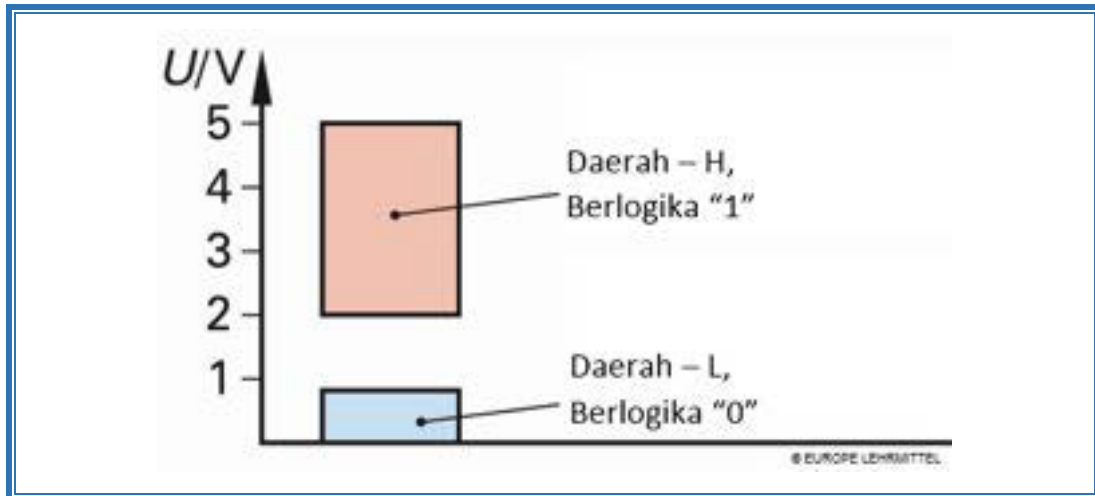
Sebuah sistim mekatronik menerima sinyal, memprosesnya dan mengeluarkan sinyal. Sinyal ini adalah variabel yang diukur, yang diukur sebagai besaran listrik seperti tegangan, arus, dan lain-lain, atau sebagai variabel seperti perpindahan, torsi, suhu, dan lain-lain dalam sistem mekatronika. Untuk pengolahan informasi variabel yang diukur ini sebagai sinyal analog, digital atau biner.

Sinyal analog adalah sinyal data dalam bentuk gelombang yang kontinyu, yang membawa informasi dengan mengubah karakteristik gelombang. Dua parameter/karakteristik terpenting yang dimiliki oleh isyarat analog adalah amplitude dan frekuensi. Sinyal analog biasanya dinyatakan dengan gelombang sinus, mengingat gelombang sinus merupakan dasar untuk semua bentuk isyarat analog.

Gelombang pada Sinyal Analog yang umumnya berbentuk gelombang sinus memiliki tiga variable dasar, yaitu amplitudo, frekuensi dan phase. Amplitudo merupakan ukuran tinggi rendahnya tegangan dari sinyal analog. Frekuensi adalah jumlah gelombang sinyal analog dalam satuan detik. Dan phase adalah besar sudut dari sinyal analog pada saat tertentu.

Sinyal digital merupakan sinyal data dalam bentuk pulsa yang dapat mengalami perubahan yang tiba-tiba dan mempunyai besaran 0 dan 1. Teknologi sinyal digital hanya memiliki dua keadaan, yaitu 0 dan 1, sehingga tidak mudah terpengaruh oleh derau/noise, tetapi transmisi dengan sinyal digital hanya mencapai jarak jangkau pengiriman data yang relatif dekat. Sinyal Digital juga biasanya disebut juga Sinyal Diskret.

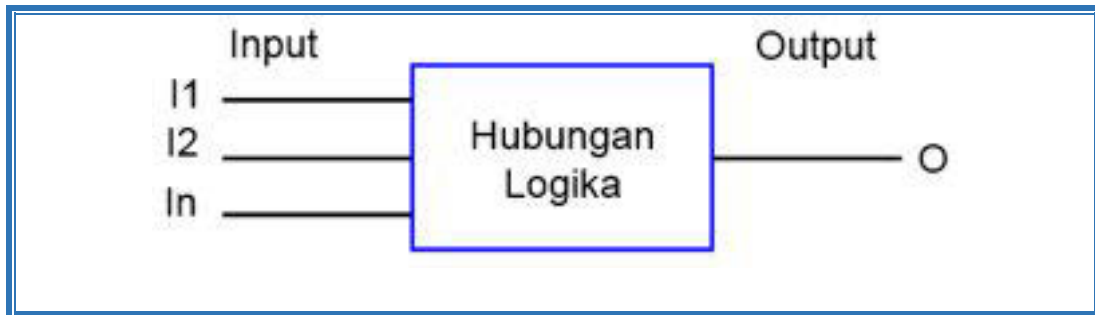
Sistem Sinyal Digital merupakan bentuk sampling dari sitem analog. Digital pada dasarnya di code-kan dalam bentuk biner (atau Hexa). Besarnya nilai suatu sistem digital dibatasi oleh lebarnya/jumlah bit (bandwidth). Jumlah bit juga sangat mempengaruhi nilai akurasi sistem digital.

Sinyal biner adalah sinyal digital yang hanya memiliki dua keadaan: tingkat tinggi (logika "1") dan tingkat rendah (logika "0"). Isi informasi disebut bit (digit biner) . Melalui kombinasi dari beberapa bit menghasilkan sinyal digital (8 bit adalah satu byte). Dalam praktiknya, rentang tegangan tertentu diperbolehkan untuk tingkat H - dan L.

Gambar 2.1 Bentuk-bentuk Sinyal

Gambar 2.2 Batasan Nilai

B. Hubungan Logika Dasar

Informasi dalam bentuk sinyal 0 dan 1 saling memberikan kemungkinan hubungan secara logik. Fungsi dasar hubungan logika adalah: Fungsi AND, OR dan Fungsi NOT. Dalam teknologi digital, semua hubungan logika dapat diwujudkan dengan interkoneksi tiga fungsi dasar tersebut.

Disamping ketiga fungsi dasar tersebut ada beberapa fungsi logika yang sering digunakan yaitu: Fungsi EXCLUSIV OR (EX-OR) dan Fungsi EQUIVALENCE. Di dalam Elektronika fungsi-fungsi logik di atas dinyatakan dalam Simbol, Tabel Kebenaran, Persamaan Fungsi dan Diagram Sinyal Fungsi Waktu.

Hubungan logika mengatur sinyal yang diberikan pada sisi masukan I, sedangkan hasil logika diberikan melalui sisi keluaran O.

Gambar 2.3 Simbol hubungan logika

Penjelasan hubungan logika dapat melalui:

- Simbol logika, fungsi sesuai dengan EN 60617-12
- Fungsi dan tabel kebenaran (memberikan berbagai kombinasi logika yang mungkin).
- Persamaan fungsi
- Diagram pulsa dari sinyal terhadap waktu dimana hubungan temporal antara variabel input dan output ditampilkan
- Daftar Instruksi (STL) atau Ladder (LD), cara ini hanya untuk programmable logic controller.

Dalam rangka untuk menggambarkan keadaan logika antara variabel input dan variabel output yang jelas, dibutuhkan pengenal (identifier). Penugasan keadaan sinyal variabel dimasukkan dalam tabel.

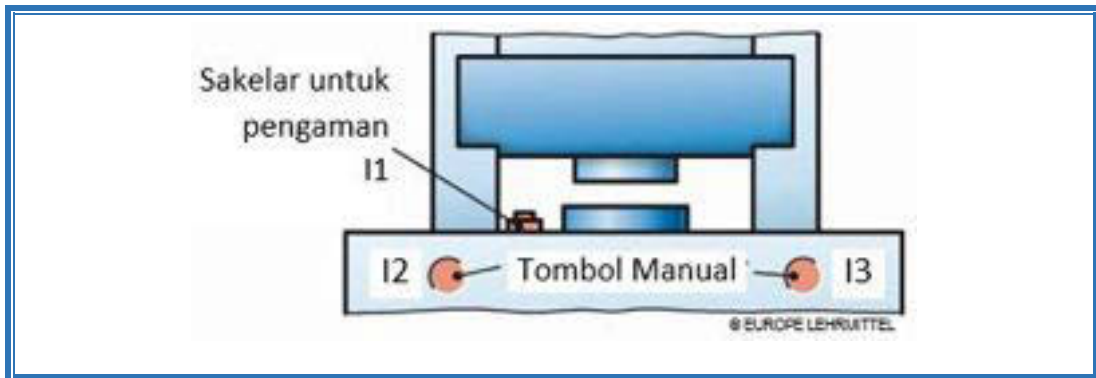
Tabel 2.1 Tabel alokasi

Variabel Input	Keterangan kondisi aktif	Keadaan Logika
I1	Pengaman menutup	I1 = 1
I2	Sakelar masuk	I2 = 1
Variabel Output		
O	Motor Pres berjalan	O1 = 1

B.1 Fungsi AND (Konjungsi)

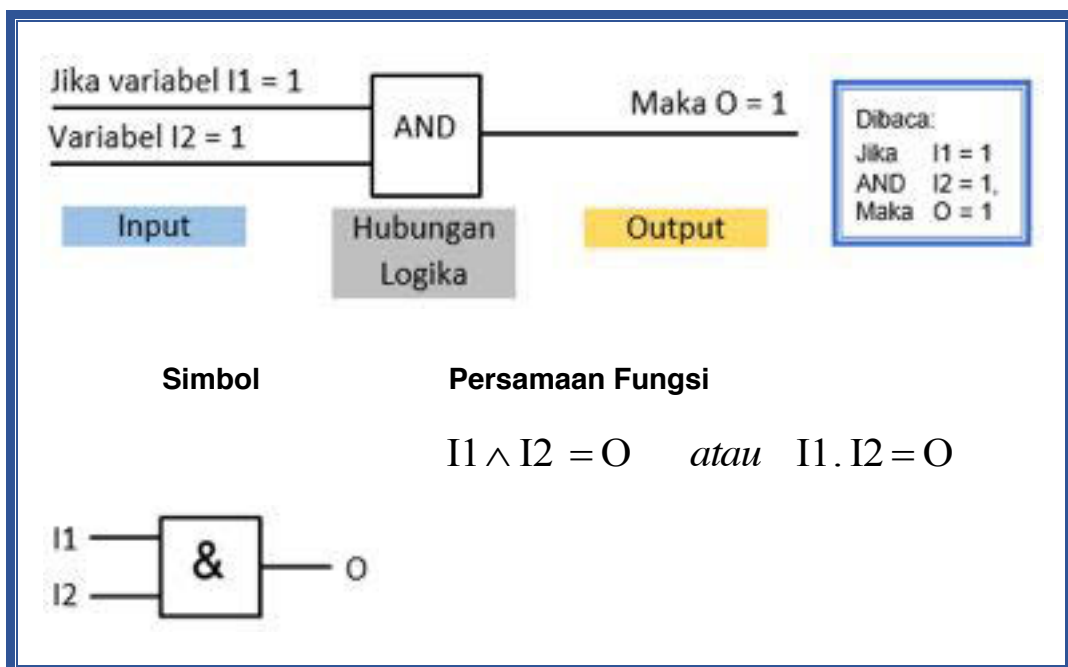
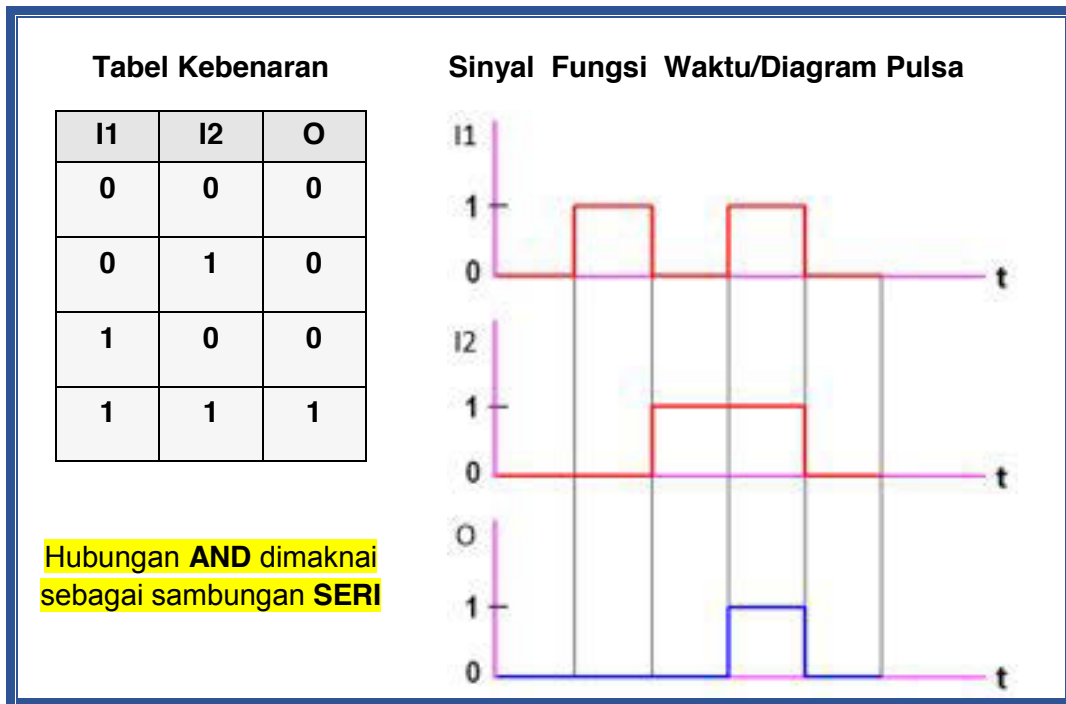
Tanda logika: $\wedge$

Contoh:

Untuk alasan keamanan, mesin Pres dapat bekerja ketika pengaman menutup (I1 dioperasikan) dan tombol tekan I2 ditekan.

Gambar 2.4 Pres Pneumatik

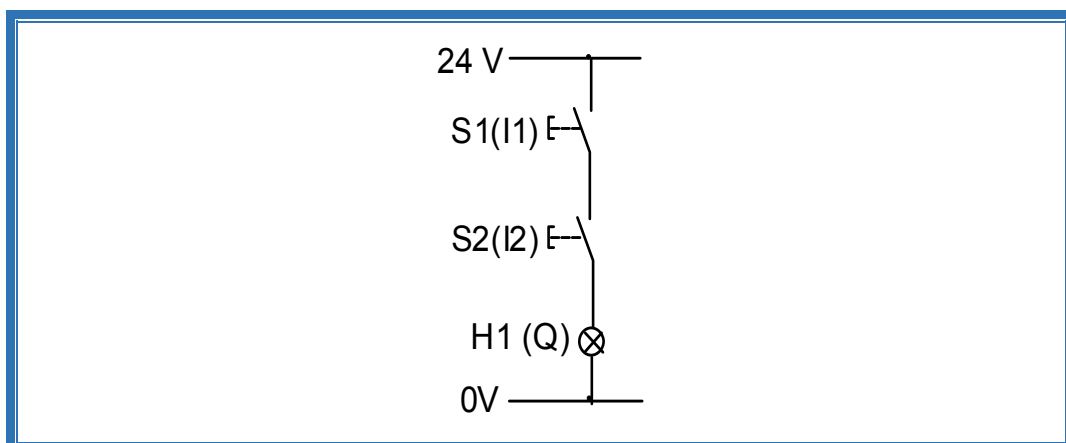
Fungsi AND dan pernyataan-pernyataan yang sering digunakan:

Tabel Kebenaran

I1	I2	O
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Gambar 2.5 Fungsi AND

Operasi AND adalah relasi antara paling sedikit 2 variabel masukan dan sebuah variabel keluaran. Pada keluaran akan berlogika 1 jika semua masukannya secara serentak juga berlogika 1. Relasi dari dua data I1 dan I2 untuk masing masing bit dinyatakan dalam aturan yang tertuang dalam tabel kebenaran.

Diagram lintasan arus logika AND

Jika dua kontak NO disambung secara seri, lampu akan menyala hanya saat kedua tombol tekan ditekan secara bersama-sama.

Gambar 2.6 Diagram lintasan arus logika **AND**

B.2 Fungsi OR (Disjungsi)

Tanda logika: ∨

Contoh:

Kontrol mesin Pres pada gambar 2.4 diatas dapat berjalan, jika tombol tekan I2 atau I3 ditekan. (Pengaman sudah menutup).

Fungsi OR dan pernyataan-pernyataan yang sering digunakan:

Jika variabel I1 = 1
Variabel I2 = 1
OR
Maka O = 1

Input | Hubungan Logika | Output

Dibaca:
Jika I1 = 1
OR I2 = 1,
Maka O = 1

Simbol

I1, I2 — ≥1 — O

Persamaan Fungsi

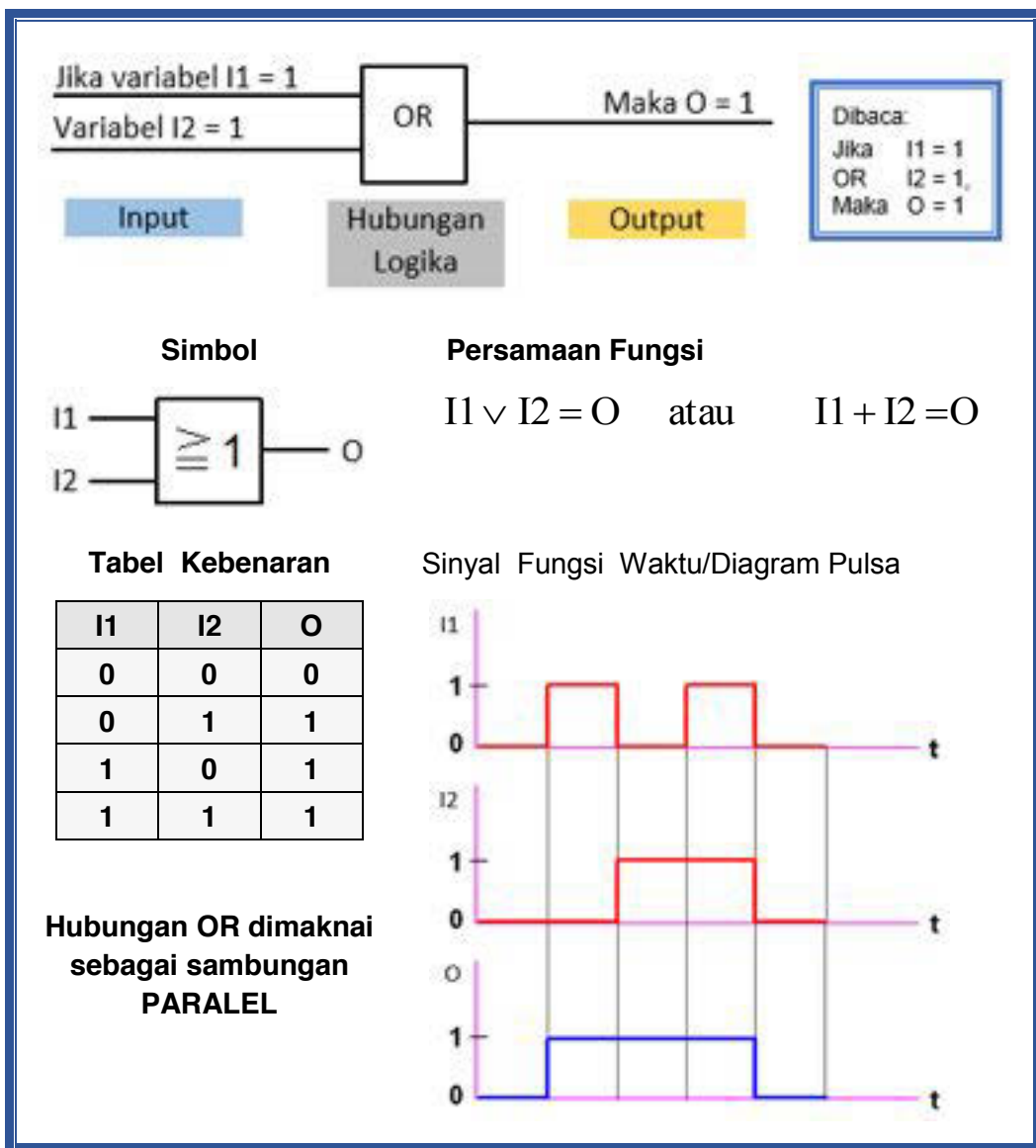
$I1 \vee I2 = O$ atau $I1 + I2 = O$

Tabel Kebenaran

I1	I2	O
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

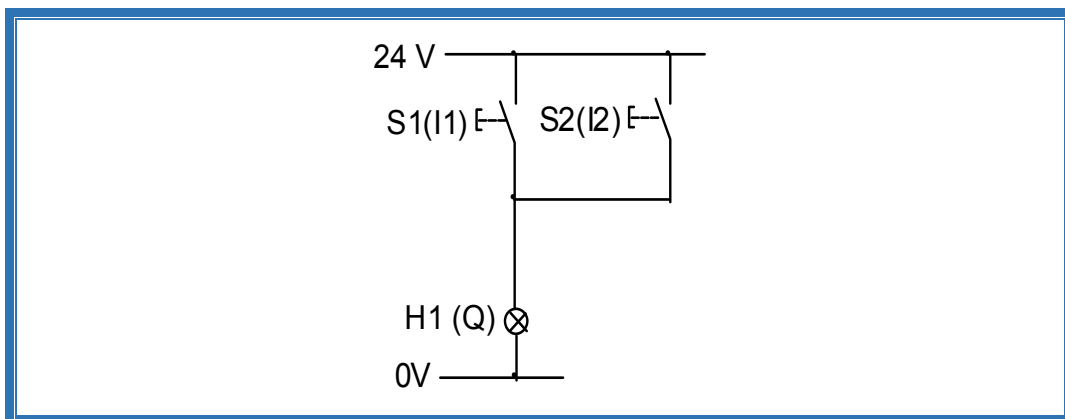
Hubungan OR dimaknai sebagai sambungan PARALEL

Sinyal Fungsi Waktu/Diagram Pulsa

I1: 1, 0, t
I2: 1, 0, t
O: 1, 0, t

Gambar 2.7 Fungsi OR

Operasi *OR* adalah relasi antara paling sedikit 2 variable masukan dan sebuah keluaran. Pada keluaran akan selalu berlogika 1 jika salah satu inputnya berlogika 1.

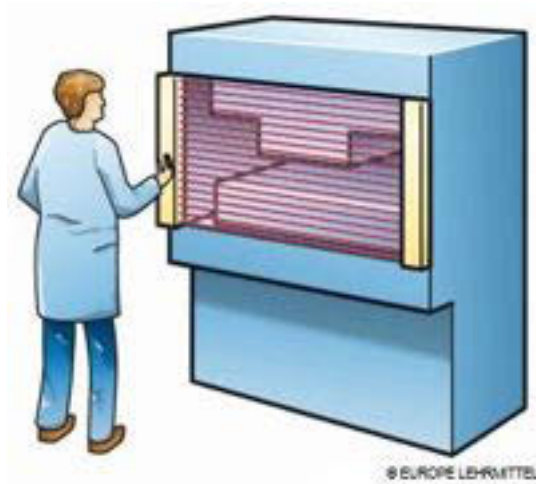
Diagram lintasan arus logika OR

Fungsi logika dasar yang lain adalah OR. Jika 2 buah kontak NO disambung secara paralel, maka lampu akan menyala jika minimal salah satu dari dua tombol tekan ditekan.

Gambar 2.8 Diagram Lintasan Arus Logika *OR*

B.3 Fungsi NOT (Negasi)

Di bawah adalah fungsi NOT yang dinyatakan dalam pernyataan-pernyataan. Fungsi NOT mempunyai satu masukan dan satu keluaran. Pada keluaran akan berlogika 1 jika inputnya berlogika 0 atau sebaliknya.

<u>Contoh:</u>

Keterlibatan tangan dalam mesin Pres dipantau oleh tirai cahaya. Pres dapat berjalan ketika semua sumbu cahaya bebas, sehingga tidak terganggu. Dalam fungsi NOT output logika "1" jika variabel input logika "0" dan sebaliknya. Variabel input dan output berperilaku kebalikan.

Gambar 2.9 Pres dengan tirai cahaya

Fungsi NOT dan pernyataan-pernyataan yang sering digunakan:

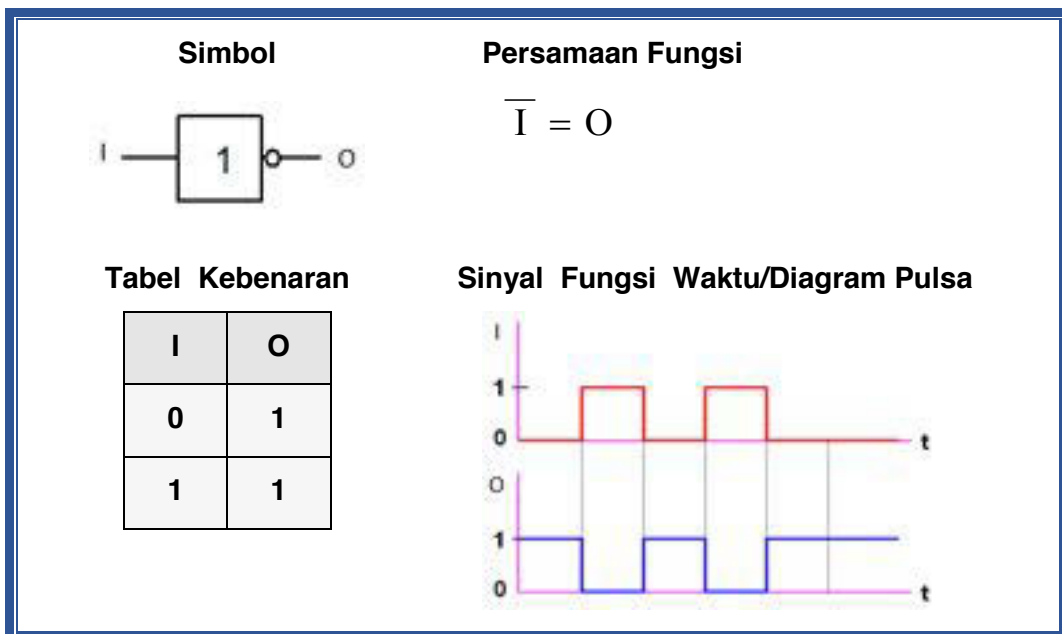
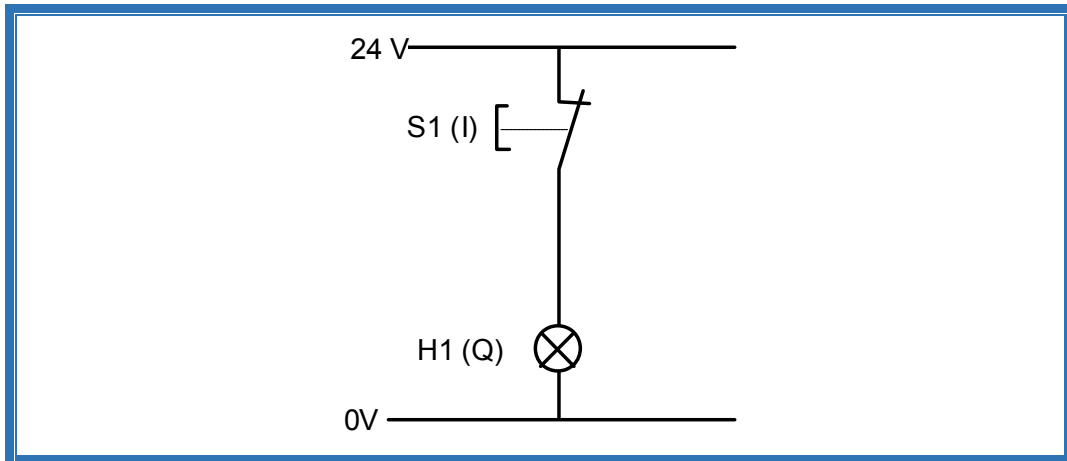
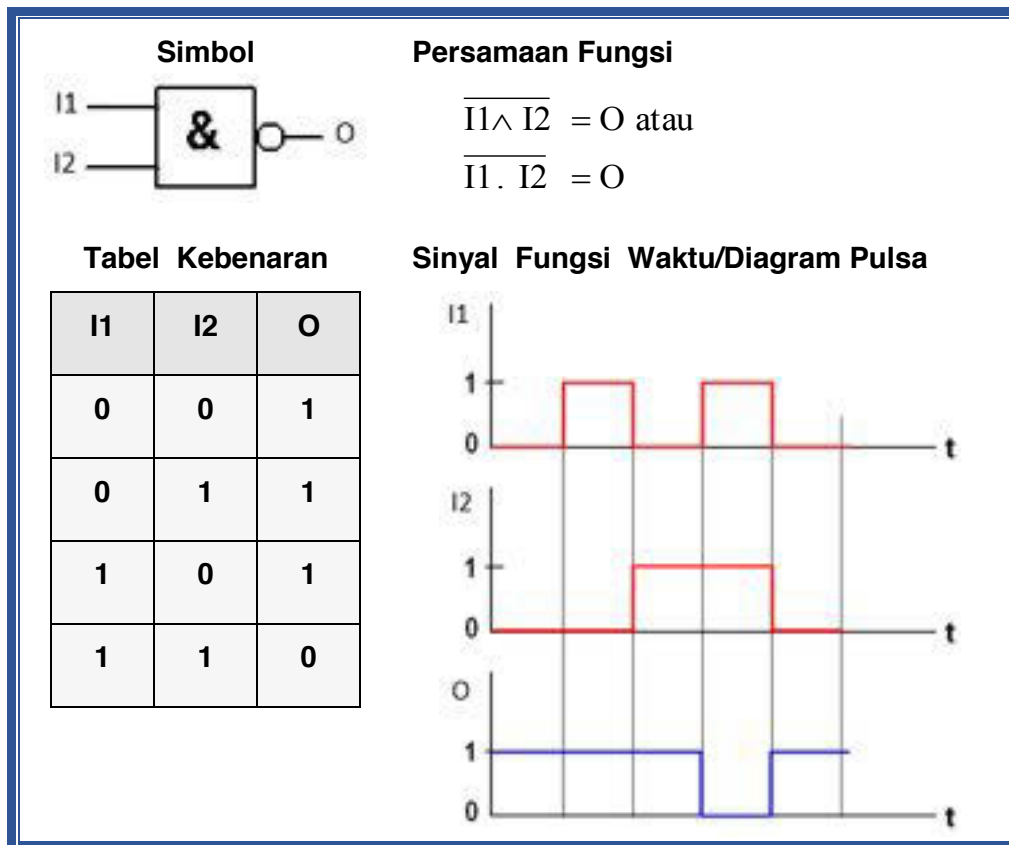
I	O
0	1
1	1

Gambar 2.10 Fungsi NOT

Diagram lintasan arus logika NOT

Sebuah tombol tekan diperlihatkan dengan kontak normally closed (NC). Ketika tombol ini tidak teraktuasi (ditekan), lampu H1 menyala, sebaliknya dalam kondisi teraktuasi, lampu H1 menjadi mati.

Gambar 2.11 Diagram Lintasan Arus Logika NOT

B.4 Fungsi NAND

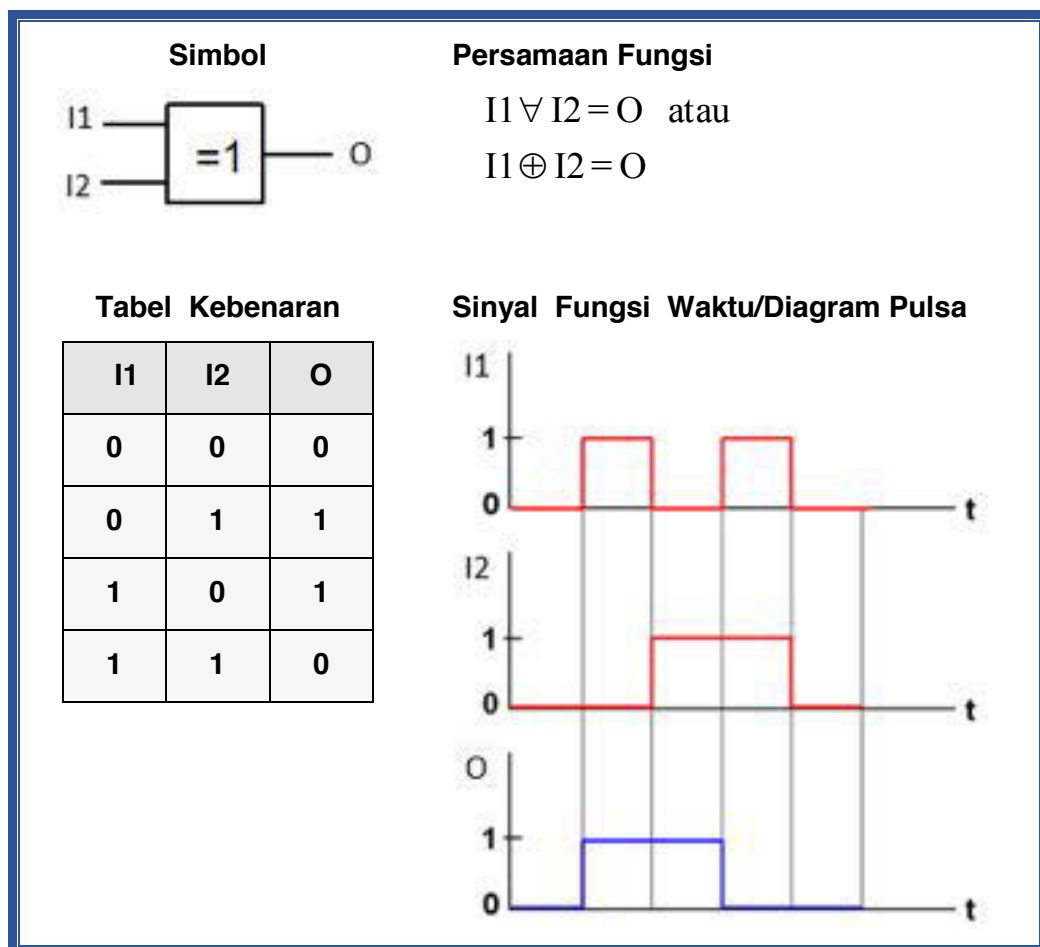
Pada gambar di bawah adalah pernyataan-pernyataan fungsi NAND.

I1	I2	O
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Gambar 2.12 Fungsi NAND

Fungsi NAND adalah negasi dari AND (NAND = **N**OT **AND**). Semua permasalahan dapat di bawa ke analisa fungsi NAND sehingga terkenal dengan Teori NAND. Dalam praktik rangkaian yang dibangun melalui analisa NAND lebih praktis kerena semua komponennya hanya menggunakan gerbang NAND (IC NAND). Demikian juga untuk fungsi NOR adalah negasi dari fungsi OR (NOR = **N**OT **OR**).

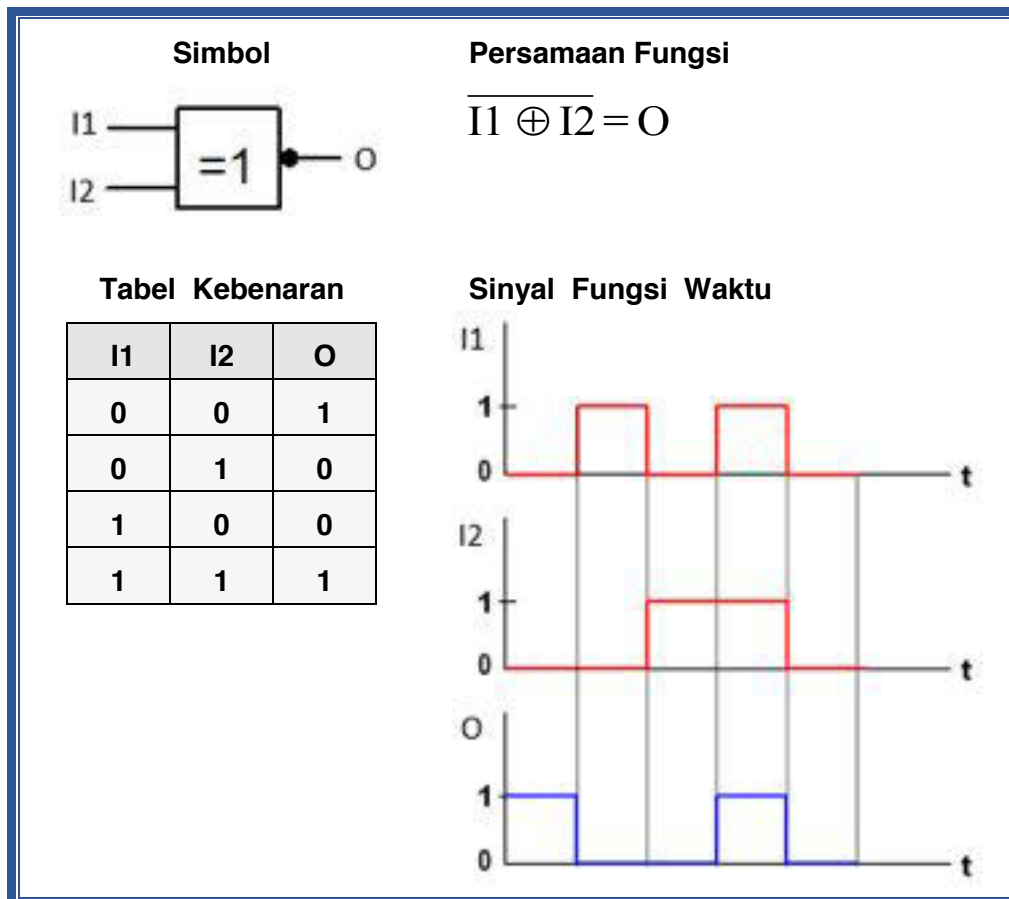
B.5 Fungsi EXCLUSIVE OR (EX-OR)

Pada gambar di bawah adalah fungsi EX-OR. Operasi EX-OR adalah relasi antara 2 variabel masukan dan sebuah variabel keluaran. Pada keluaran akan berlogika 1 hanya jika antara kedua masukan mempunyai logika yang berbeda (berlawanan). Dari keadaan yang demikian maka fungsi EX-OR juga disebut fungsi NON – EQUIVALENCE atau Antivalence.

I1	I2	O
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Gambar 2.13 Fungsi EX-OR atau Antivalence

B.6 Fungsi EQUIVALENCE atau EXCLUSIVE NOR (EX-NOR)

Pada gambar di bawah adalah fungsi EQUIVALENCE. Sesuai dengan namanya maka operasi EQUIVALENCE adalah relasi antara 2 variabel masukan dan sebuah variabel keluaran. Pada keluaran akan berlogika 1 hanya jika antara kedua masukan mempunyai logika yang sama.

I1	I2	O
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Gambar 2.14 Fungsi EQUIVALENCE (EX-NOR)

B.7 Penggunaan Operasi Logika

Di dalam teknik kontrol sering menggunakan operasi logik untuk menyelesaikan hubungan antara sinyal-sinyal masukan dengan sinyal-sinyal keluaran yang diharapkan.

<u>Contoh 1:</u>

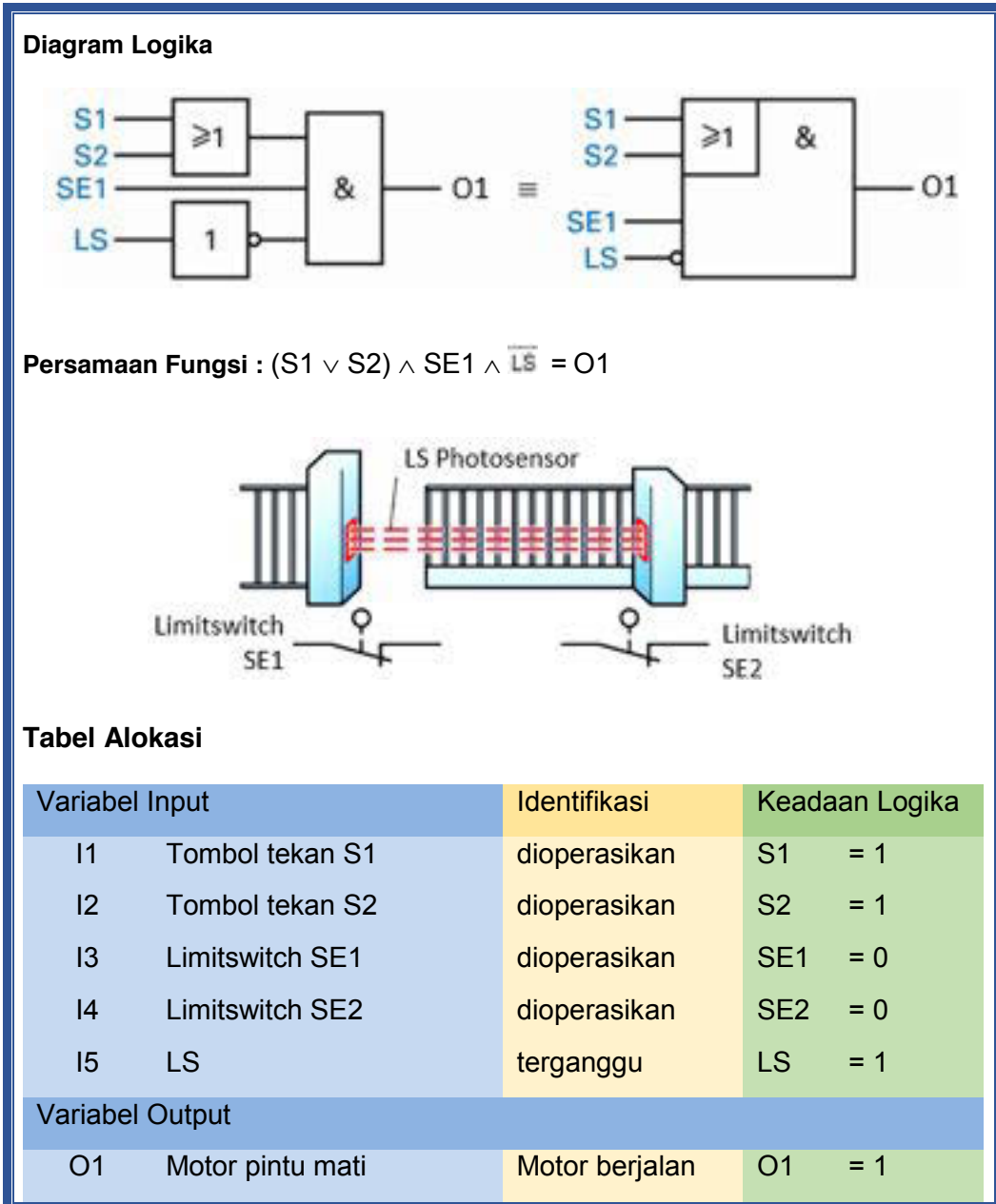
Sebuah gerbang geser dapat dikontrol dari kedua tempat, di dalam rumah dan di jalan masuk. Pintu gerbang menutup ketika saklar S1 (apartemen) atau

tombol S2 (Pintu) digerakkan dan saklar batas SE1 (NC) tidak ditekan dan penghalang cahaya (LS) tidak terganggu.

Diagram Logika

Persamaan Fungsi : $(S1 \vee S2) \wedge SE1 \wedge \overline{LS} = O1$

Tabel Alokasi

Variabel Input		Identifikasi	Keadaan Logika
I1	Tombol tekan S1	dioperasikan	S1 = 1
I2	Tombol tekan S2	dioperasikan	S2 = 1
I3	Limitswitch SE1	dioperasikan	SE1 = 0
I4	Limitswitch SE2	dioperasikan	SE2 = 0
I5	LS	terganggu	LS = 1
Variabel Output			
O1	Motor pintu mati	Motor berjalan	O1 = 1

Gambar 2.15 Kontrol Pintu

Contoh 2:

Sebuah rangkaian mempunyai 3 masukan yaitu I1, I2 dan I3 serta 1 lampu tanda H pada keluaran. Lampu H pada keluaran akan menyala (logika 1) hanya

jika minimal 2 diantara 3 masukan mengalami gangguan (logika 1). Realisasikanlah rangkaian yang dimaksud.

Ketentuan:

Masukan I1, I2, I3

0 Sinyal : Operasi normal

1 Sinyal : Terganggu

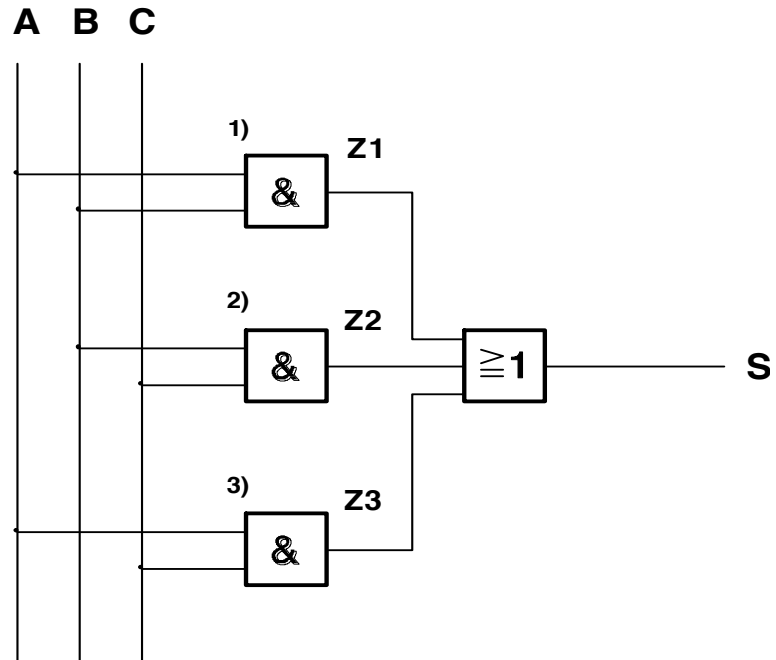
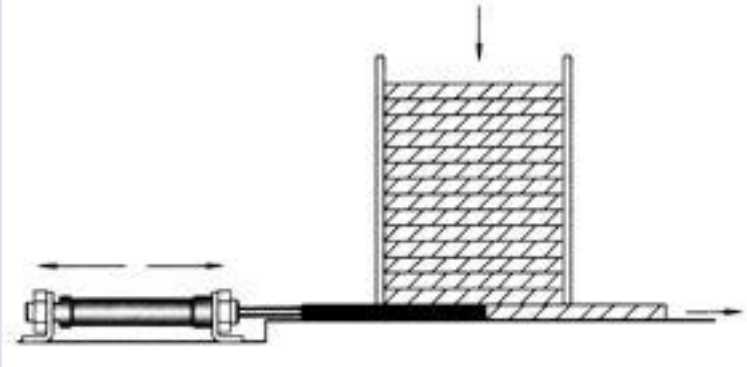
Sinyal Lampu

0 Sinyal : Lampu Mati, Operasi normal

1 Sinyal : Lampu Menyala, Terganggu

Tabel Kebenaran

I1 = A	I2 = B	I3 = C	H = S
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Gambar Rangkaian

Harga dari masukan I1, I2, I3 dapat berupa sinyal 0 atau sinyal 1.

3.1.3 Rangkuman

1. Sinyal analog adalah sinyal data dalam bentuk gelombang yang kontinyu, yang membawa informasi dengan mengubah karakteristik gelombang. Dua parameter/karakteristik terpenting yang dimiliki oleh isyarat analog adalah amplitude dan frekuensi.
2. Gelombang pada sinyal analog yang umumnya berbentuk gelombang sinus memiliki tiga variable dasar, yaitu amplitudo, frekuensi dan phase.
3. Sinyal digital merupakan sinyal data dalam bentuk pulsa yang dapat mengalami perubahan yang tiba-tiba dan mempunyai besaran 0 dan 1. Sinyal Digital juga biasanya disebut juga Sinyal Diskret.
4. Fungsi hubungan logika dasar meliputi fungsi AND, OR dan fungsi NOT. Dalam teknologi digital, semua hubungan logika dapat diwujudkan dengan interkoneksi tiga fungsi dasar tersebut.
5. Disamping ketiga fungsi dasar tersebut ada beberapa fungsi logika yang sering digunakan yaitu: Fungsi EXCLUSIV OR (EX-OR) dan Fungsi EQUIVALENCE.
6. Di dalam Elektronika fungsi-fungsi logik di atas dinyatakan dalam Simbol, Tabel Kebenaran, Persamaan Fungsi dan Diagram Sinyal Fungsi Waktu.

3.1.4 Tugas

<table>
<tr><td>TUGAS</td><td>
Kasus: Diketahui mesin dengan sket sebagai berikut:

Amati dan perhatikan cara kerja mesin sebagai berikut:

Tumpukan papan kayu di dorong ke luar satu persatu dari tempatnya ke alat penjepit oleh sebuah silinder. Dengan menekan salah satu tombol tekan (S1) atau pedal kaki (S2) dan benda ada di tempat (S3), maka satu papan terdorong ke luar dari tumpukan papan. Tombol dilepas alat pendorong kembali ke posisi semula.

Bertanyalah kepada narasumber terhadap beberapa istilah/konsep/problem yang menjadi problem.

Kumpulkan informasi dan analisislah dengan menjawab pertanyaan berikut ini:

1. Tuliskan tabel kebenarannya!
2. Gambarkan rangkaian logikanya!
3. Simulasikan rangkaian logika tersebut menggunakan software
4. Ujilah cara kerjanya dengan tabel kebenaran Anda.
5. Buatlah resume dan dokumentasi dalam bentuk laporan.
</td></tr>
<tr><td>PETUNJUK KERJA</td><td>
1. Tugas dikerjakan secara berkelompok, pilih ketua dan sekretaris.
2. Software simulasi bisa menggunakan FluidSim
3. Rencanakan persiapan untuk presentasi hasil diskusi kelompok dengan membuat file-powerpoint. Pilih petugas yang akan mempresentasikan di depan kelas.
4. Berdasarkan hasil diskusi kelompok, masing-masing anggota kelompok membuat laporan dan dikumpulkan kepada Guru Mapel.
</td></tr>
</table>

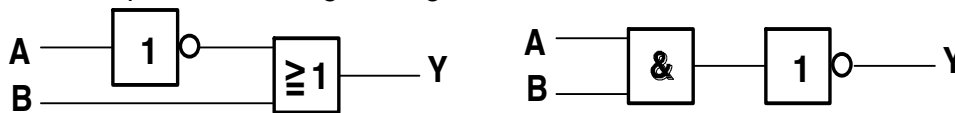
3.1.5 Tes Formatif

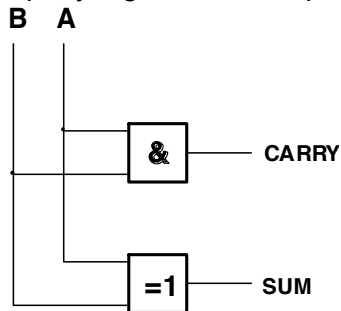
1. Hubungan logika atau gerbang adalah rangkaian logik yang mempunyai satu atau lebih sinyal masukan tetapi hanya …………….. sinya output. Sinyal-sinyal tersebut dapat dalam keadaan …………. atau high.

2. Sebuah inverter adalah sebuah gerbang yang hanya mempunyai ………. input. Sinyal output selalu berlawanan dari sinyal input. Sebuah inverter juga disebut ………….

3. Gerbang OR mempunyai dua atau lebih sinyal masukan dan jika salah satu dari sinyal masukannya adalah ………. maka sinyal outputnya adalah 1 (high)

4. Gerbang ………… mempunyai dua atau lebih sinyal input. Jika semua sinyal inputnya berlogika 1 (high), maka outputnya akan berlogika high.

5. Tuliskan persamaan fungsi dari gambar di bawah ini,

   a) ……………………………………. b) …………………………..…

6. Input A dan B pada gambar menghasilkan Carry (C) dan SUM (S). Nyatakanlah sinyal-sinyal yang terjadi pada output C dan output S jika sinyal input yang diberikan seperti di bawah.

   1. A=0 dan B=0
   2. A=0 dan B=1
   3. A=1 dan B=0
   4. A=1 dan B=1

   a. C = 0 ; S = 0
   b. C = 0 ; S = 1
   c. C = 0 ; S = 1
   d. C = 1 ; S = 0

7. Jika gerbang EX-OR mempunyai 4 masukan, maka kombinasi sinyal masukan mana saja yang menghasilkan output berlogika-1?

8. Buatlah rangkaian logika dengan tabel kebenaran sebagai berikut:

Input		Output	
S1	S2	H1	H2
0	0	1	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

3.1.6 Lembar Jawaban Tes Formatif

3.1.7 Lembar Kerja Peserta Didik

3.2 Kegiatan Belajar 4: Fungsi Penyimpan

3.2.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah selesai mempelajari materi ini, peserta didik dapat:

a. Menjelaskan bentuk-bentuk sinyal dalam teknik digital
b. Menjelaskan cara kerja multivibrator
c. Menjelaskan cara kerja RS-FF, JK-FF, D-FF dan JK-MS-FF
d. Menggambarkan diagram rangkaian multivibrator
e. Menggambar diagram rangkian RS-FF, JK-FF, D-FF dan JK-MS-FF
f. Membuat rangkaian pada papan peraga

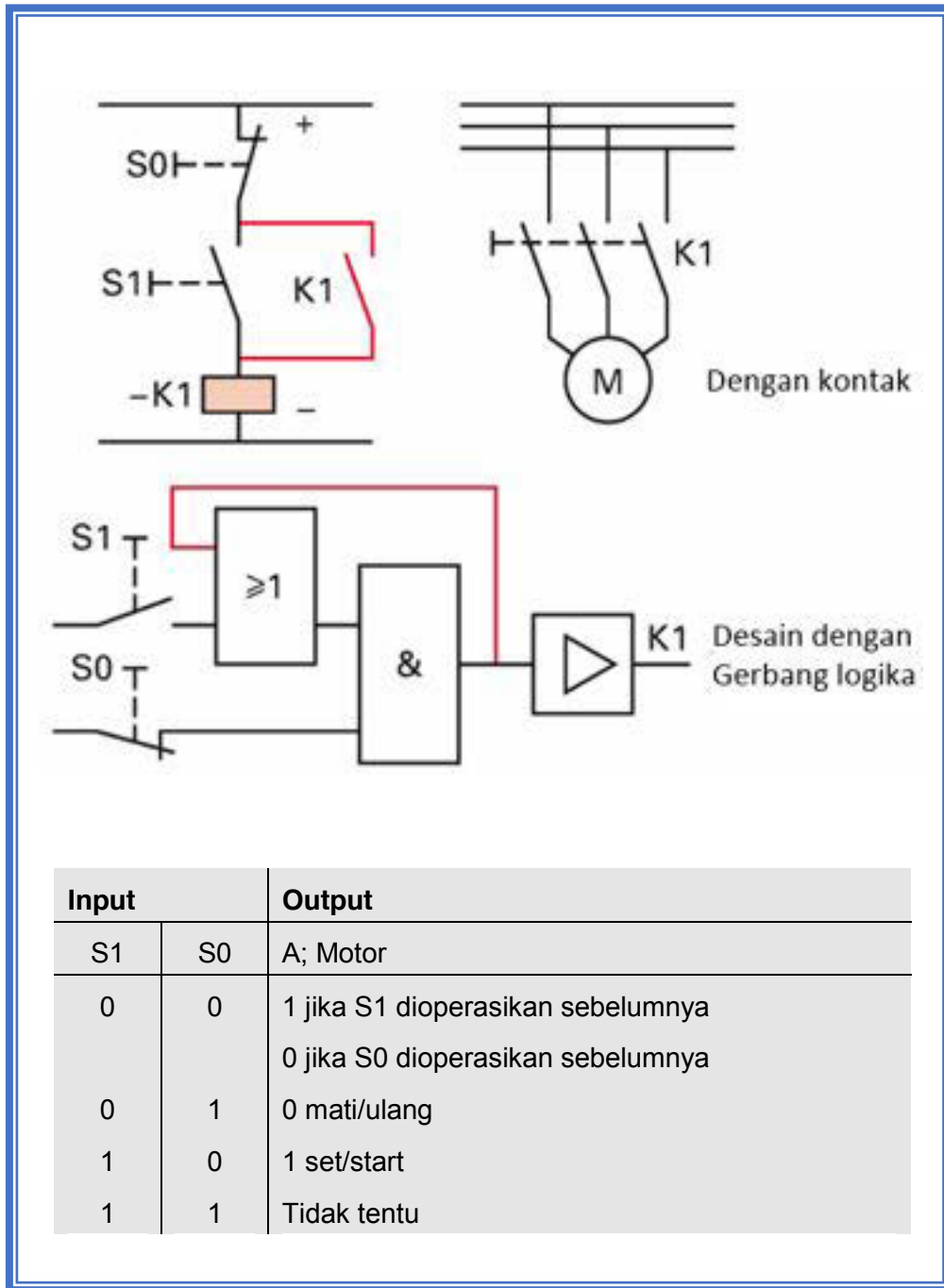
3.2.2 Uraian Materi

FUNGSI PENYIMPAN

A. Rangkaian Penyimpan

Sebuah mesin harus diaktifkan dengan menekan sesaat tombol tekan S1 dan dimatikan dengan menekan sebentar tombol off S0. Pengaktifan tombol S1 sekalipun hanya sesaat tetapi akan tetap tersimpan atau terkunci (ada kontak relai yang berperan sebagai pengunci). Rangkaian ini dikatakan memiliki fungsi penyimpan.

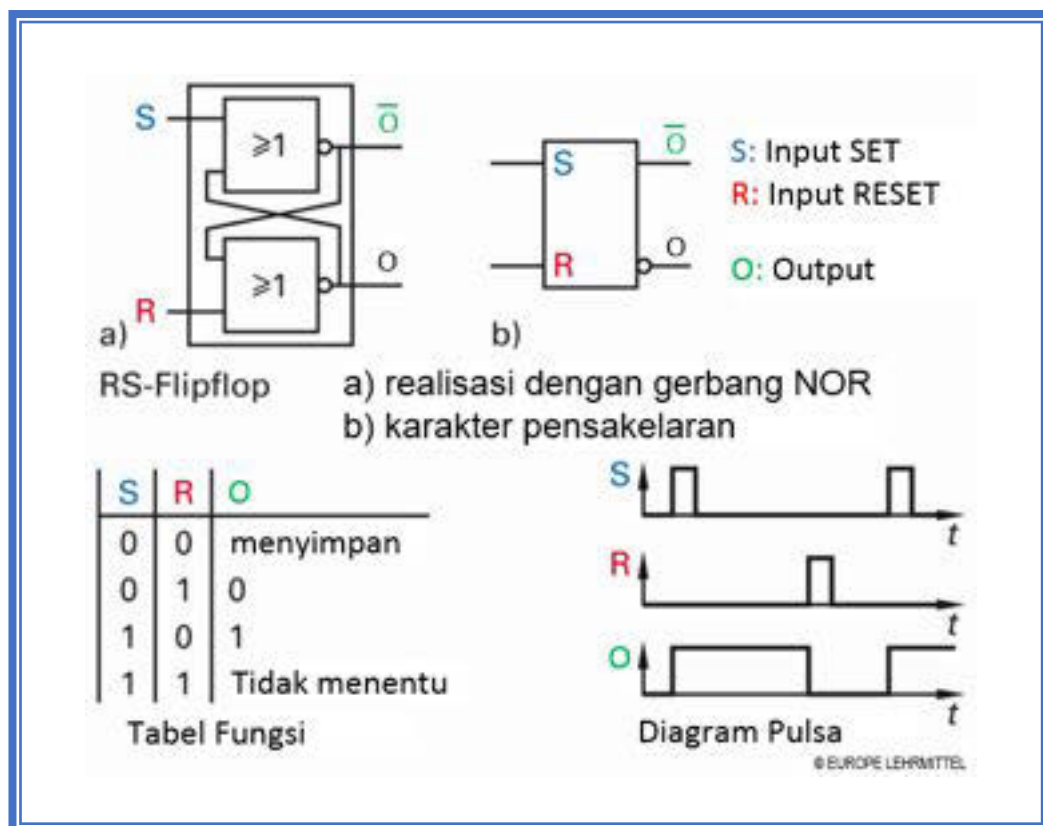
Fungsi penyimpan (memori) aktif bila keadaan sinyal dari sinyal input dapat terjadi sebentar dan terekam secara permanen dan direproduksi pada output.

Input		Output
S1	S0	A; Motor
0	0	1 jika S1 dioperasikan sebelumnya
		0 jika S0 dioperasikan sebelumnya
0	1	0 mati/ulang
1	0	1 set/start
1	1	Tidak tentu

Gambar 2.16 Fungsi Penyimpan

Rangkaian penyimpan sinyal (input) disebut sebagai bi-stabil flip-flop (=bistable dua keadaan yang stabil), atau flip-flop (FF).

A.1 Multivibrator Bistabil

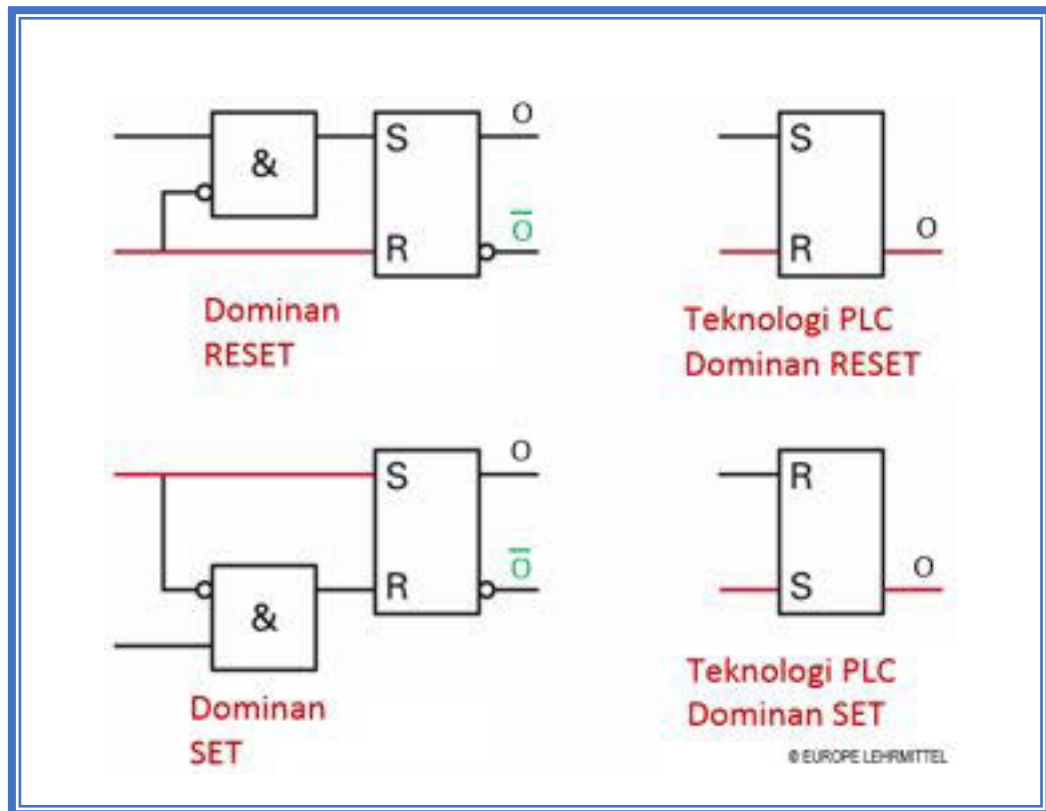
Multivibrators bistable memiliki dua keadaan beralih stabil: keadaan set O = 1 dan keadaan-reset O = 0. Kedua keadaan saling eksklusif. Jika flip-flop di-set, sinyal set berikutnya tidak akan efektif. Hal yang sama berlaku untuk keadaan reset. Sinyal "1" pada masukan set dan reset harus dihindari, karena hasilnya tidak bisa diprediksi, ketika kedua input beralih dari "1" ke "0".

Jika kedua input S dan R terdapat sinyal "0", output dari flip-flop tetap tidak berubah. Flip-flop dalam keadaan memori (menyimpan).

Gambar 2.17 Multivibrator Bistabil (RS-FF)

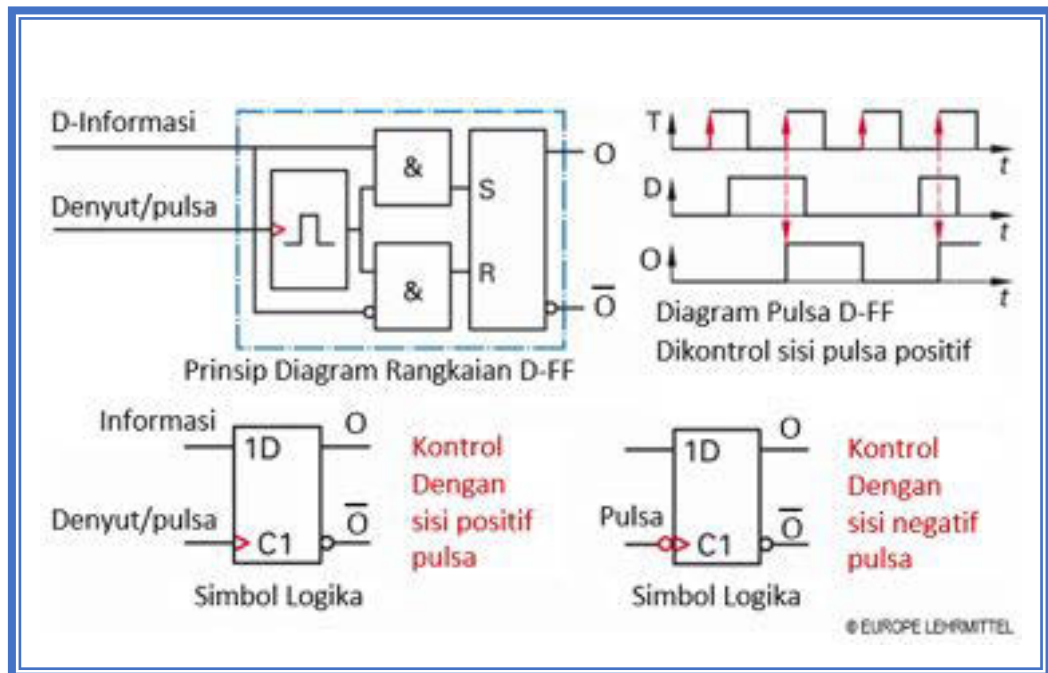
A.2 RS Flip-Flop dengan Dominan Set atau Reset

Dalam prakteknya, khususnya dalam teknologi PLC, blok memori yang diperlukan yang mengambil tingkat output unik ketika masukan set dan reset pada saat yang sama diberi sinyal "1". Pada dominan RESET, O = "0" jika S = "1" dan R = "1". Pada dominan SET, O = "1" jika S = "1" dan R = "1".

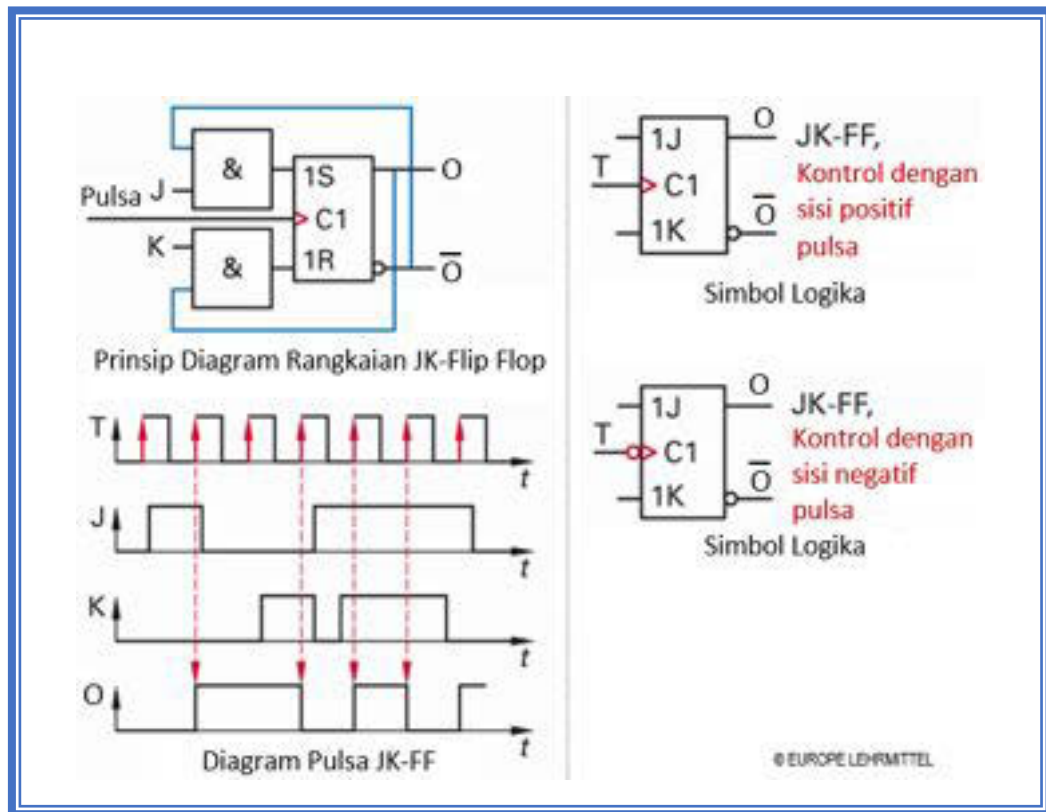
A.3 Modul memori dengan kontrol input

Perangkat memori, terutama dalam teknologi komputer harus secara khusus ditujukan. Hal ini dicapai dengan input tambahan, kontrol atau input pulsa (denyut). Masukan pada pulsa ini, tergantung pada permintaan, informasi yang diterapkan pada blok memori disimpan atau dinonaktifkan yaitu tidak disimpan.

Gambar 2.18 Jenis RS-Memori

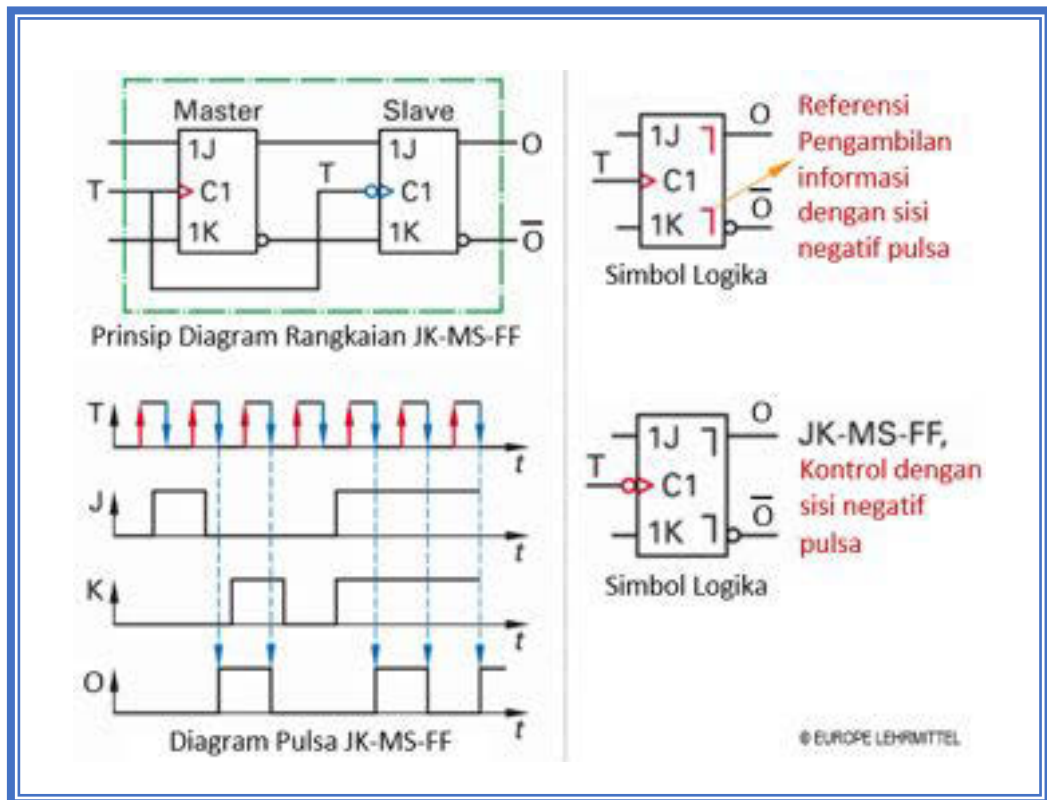
A.4 D-Flip-Flop dengan Kontrol Dinamis

D-flip-flop menerima informasi pada output, selama sisi pulsa (denyut/clock/T) positif (perubahan dari "0" ke "1") ada pada input D (D = delay). Kontrol dinamis ditunjukkan oleh panah dalam simbol sirkuit. Angka 1 di simbol menunjukkan ketergantungan denyut dan data masukan. Angka 1 di depan D menunjukkan bahwa masukan ini tergantung pada masukan di mana salah satu adalah dengan ejaan seperti di C1. Sebuah D-Flip-flop mampu menyimpan satu bit. Ini adalah unit terkecil penyimpanan dari random access memory (RAM).

Gambar 2.19 D-Flip-Flop

A.5 JK Flip-Flop

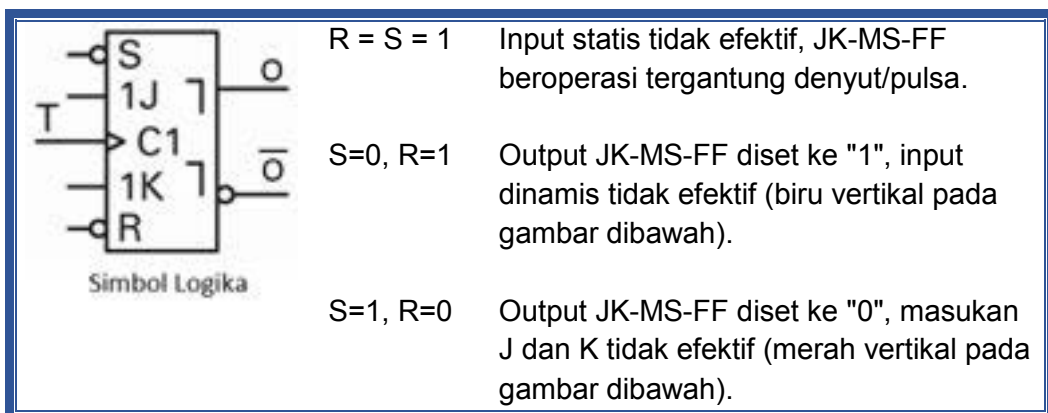
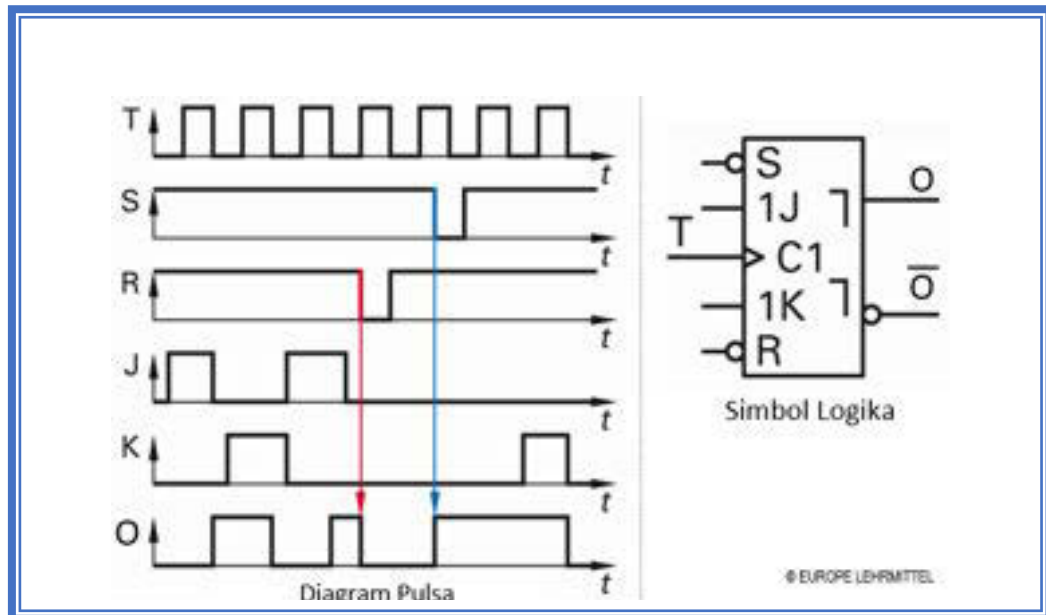
JK flip-flop adalah sebuah blok memori yang dikontrol secara dinamis dengan masukan J untuk SET dan masukan K untuk RESET output O. Sebagaimana terlihat dari grafik waktu yang ditunjukkan, sebuah logika "1" untuk informasi input J dan K. Sinyal keluaran yang unik, jika J = K = 1, maka output berganti flip-flop, yaitu, keadaan output berubah pada setiap sisi pulsa (T) positif. Dengan kata lain, JK flip-flop beroperasi dalam mode toggle (beralih = switching bolak-balik). JK flip-flop adalah memori yang dikontrol sisi pulsa dinamis.

Gambar 2.20 JK Flip-Flop

B. JK Master-Slave Flip Flop (JK-MS-FF)

JK-MS-FF terdiri dari dua JK-Flip-Flop yang dikendalikan secara dinamis, dihubungkan secara seri. Penyimpan informasi tersedia di input Master, informasi yang tersimpan dikeluarkan melalui Slave. Sementara Master flip-flop menyimpan informasi dengan sisi pulsa positif pada input J dan K, Slave flip-flop terkunci. Hanya dengan sisi pulsa negatif Slave menerima informasi dari Master dan mengirimkan ke output. Master-Slave flip-flop adalah flip-flop dengan pengaktifan pada dua sisi. Dengan sisi pulsa naik, informasi tersedia pada cache-Master, dengan sisi pulsa turun, Slave mengambil alih informasi cache dan mengarahkan ke output. Oleh karena itu, JK-FF-MS dapat menyimpan dua informasi yang berbeda, satu informasi di Master (buffer), dan informasi lain di Slave (output memori).

Gambar 2.21 JK-MS-Flip-Flop

C. JK Master Slave Flip-Flop dengan Input Statis

Input statis tidak tergantung dan terpengaruh oleh keadaan sinyal (keadaan ”1” atau keadaan ”0”) dari pulsa clock (T). Input kontrol tambahan S (Set) dan R (Reset) dibandingkan dengan input dominan secara dinamis.

R = S = 1	Input statis tidak efektif, JK-MS-FF beroperasi tergantung denyut/pulsa.
S=0, R=1	Output JK-MS-FF diset ke "1", input dinamis tidak efektif (biru vertikal pada gambar dibawah).
S=1, R=0	Output JK-MS-FF diset ke "0", masukan J dan K tidak efektif (merah vertikal pada gambar dibawah).

Dalam teknik IC, JK-flip-flop dan JK master-slave flip-flop digunakan untuk membangun sistim counting.

Gambar 2.22 JK-MS-Flip-Flop dengan Input Statis

3.2.3 Rangkuman

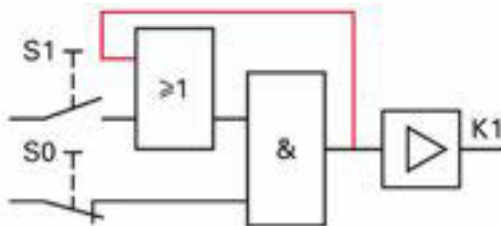
a. Sinyal ….

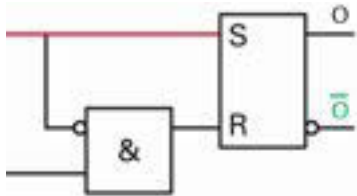
3.2.4 Tugas

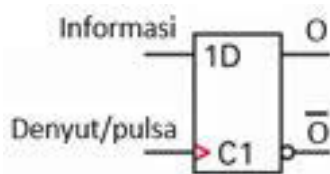
TUGAS	Amati dan perhatikan gambar diagram pulsa/diagram waktu berikut! Bertanyalah kepada narasumber terhadap beberapa istilah/konsep/problem yang menjadi problem. Kumpulkan informasi dan analisislah dengan menjawab pertanyaan berikut ini: 1. Tuliskan tabel kebenarannya! 2. Gambarkan rangkaian logikanya! 3. Jelaskan cara kerjanya. 4. Jika output digunakan untuk membuat nyala lampu berkedip 2 Hz, berapa detik periode clock-nya? 5. Buatlah resume dan dokumentasikan dalam bentuk laporan.
PETUNJUK KERJA	1. Tugas dikerjakan secara berkelompok, pilih ketua dan sekretaris. 2. Untuk menghitung waktu (periode), digunakan rumus frekuensi, yaitu: $f = \frac{1}{T}$ (dimana f dalam Hz, T dalam detik) 3. Praktik dilakukan pada mata pelajaran Elektronika 4. Rencanakan persiapan untuk presentasi hasil diskusi kelompok dengan membuat file-powerpoint. Pilih petugas yang akan mempresentasikan di depan kelas. 5. Berdasarkan hasil diskusi kelompok, masing-masing anggota kelompok membuat laporan dan dikumpulkan kepada Guru Mapel.

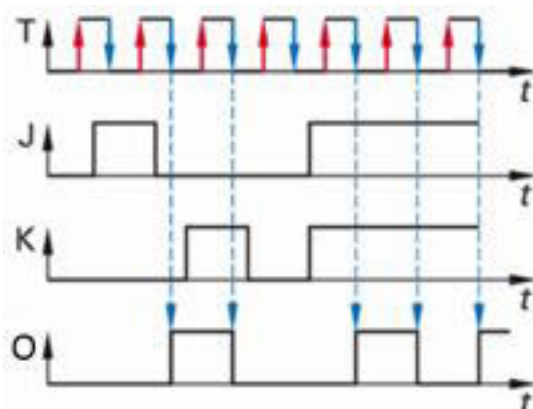
3.2.5 Tes Formatif

Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan jelas!

1. Jika input Set berlogika “1”, input Reset berlogika “1”, maka output berlogika “0”. Ini adalah karakter dari RS-FF dominan apa?
2. Perhatikan gambar dibawah!

   a. Kondisi awal, K1 tidak aktif, apa yang terjadi jika tombol S1 ditekan sesaat?
   b. Kondisi awal, K1 tidak aktif, apa yang terjadi jika tombol S1 dan S2 ditekan bersama?

3. Perhatikan gambar dibawah!

   a. Rangkaian logika disamping termasuk jenis RS-memori dominan apa?
   b. Apa fungsi gerbang AND pada rangkaian logika disamping?
   c. Ceritakan cara kerjanya!

4. Perhatikan gambar dibawah!

   a. Gambar disamping adalah simbol logika flip-flop jenis apa? Diaktifkan dengan sisi-pulsa yang mana?
   b. Bagaimana cara kerjanya?

5. Perhatikan gambar dibawah!

   a. Gambar disamping adalah diagram pulsa/diagram waktu dari flip-flop jenis apa? Diaktifkan dengan sisi-pulsa yang mana?
   b. Bagaimana cara kerjanya?

3.2.7 Lembar Kerja Peserta Didik

Lengkapilah tabel kebenaran berikut:

Tabel Kebenaran JK-FF

<table>
<tr><th rowspan="2"></th><th colspan="2">Input</th><th colspan="2">Output</th><th rowspan="2">Deskripsi</th></tr>
<tr><th>J</th><th>K</th><th>O</th><th>$\overline{O}$</th></tr>
<tr><td rowspan="6">Sama seperti RS-FF</td><td>0</td><td>0</td><td></td><td>0</td><td rowspan="2">Memori tidak berubah</td></tr>
<tr><td>0</td><td>0</td><td></td><td>1</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td><td></td><td>0</td><td rowspan="2">Reset O → 0</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td><td></td><td>1</td></tr>
<tr><td>1</td><td>0</td><td></td><td>1</td><td rowspan="2">Set O → 1</td></tr>
<tr><td>1</td><td>0</td><td></td><td>0</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Aksi toggle</td><td>1</td><td>1</td><td></td><td>1</td><td rowspan="2">Toggle</td></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td></td><td>0</td></tr>
</table>

Isilah pada kolom berwarna hijau.

3.3 Kegiatan Belajar 5: Fungsi Counter (Pencacah)

3.3.1 Tujuan Pembelajaran

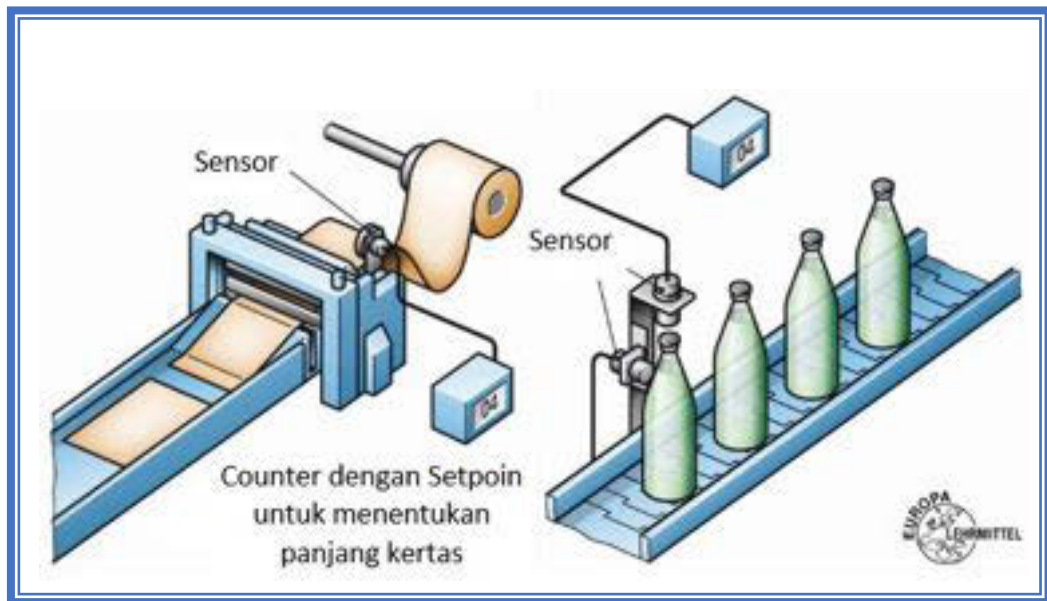
Setelah selesai mempelajari materi ini, peserta didik dapat:

a. Menjelaskan fungsi counter
b. Menjelaskan cara kerja counter asinkron, sinkron dan register
c. Menggambarkan rangkaian counter
d. Membuat rangkaian counter pada papan peraga

3.3.2 Uraian Materi

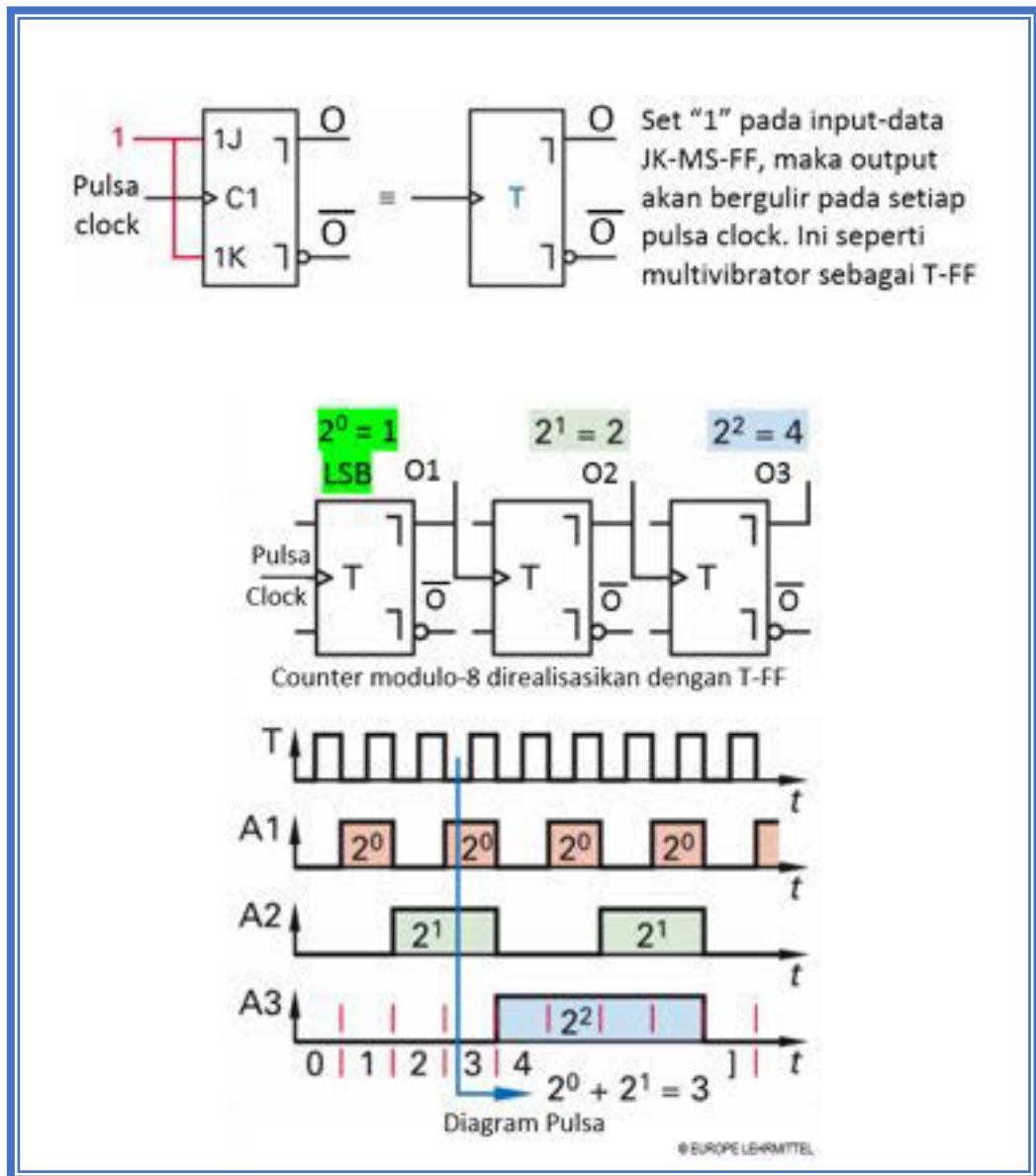
FUNGSI COUNTER (PENCACAH)

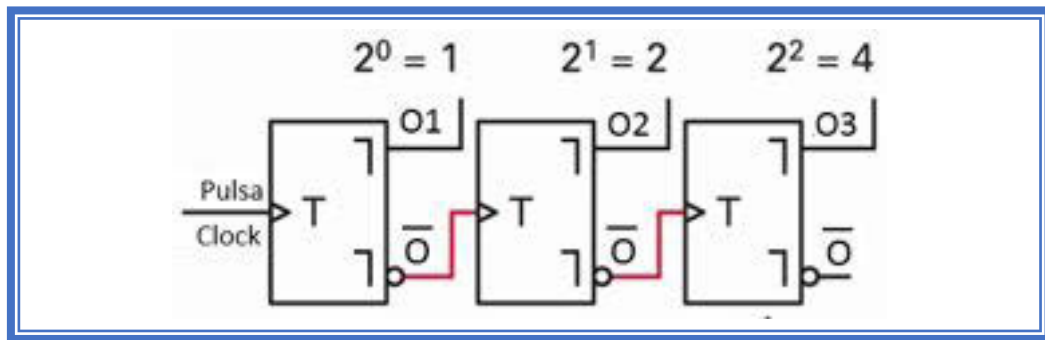
A. Rangkaian Counter (Pencacah)

Dalam prakteknya counter untuk menghitung pulsa, jumlah, dan untuk menampilkan seting panjang. Aplikasi yang umum termasuk kertas, tekstil, logam dan kemasan industri. Perbedaan mendasar antara displai counter dan counter dengan preset yang dapat diatur, yaitu nilai Setpoint. Untuk displai counter, masukan pulsa/clock dihitung dan ditampilkan. Pada counter yang dapat ditetapkan (dapat diprogram) melalui coding (input drive), maka dapat dimasukkan nilai/angka yang diinginkan di counter (diprogram). Jika hitungan pulsa masukan telah mencapai nilai yang ditetapkan, counter mengaktifkan misalnya relay output. Jika 1 ditambahkan pada angka tersimpan maka hitungan 1 ditambahkan dan hasilnya disimpan lagi, itu adalah up-counter atau counter maju. Pada counter mundur atau turun, hitungan dikurangi 1 dari jumlah yang tersimpan.

Gambar 2.23 Displai counter

A.1 Counter Asinkron

Counter asinkron yaitu pencacah yang disebut juga *ripple trough counter* atau *serial counter* karena masing–masing flip-flop yang digunakan akan berguling (berubah kondisi dari 0 ke 1) atau sebaliknya, secara berurutan atau langkah demi langkah. Hal ini disebabkan karena hanya flip-flop yang paling ujung saja yang dikendalikan oleh sinyal clock. Sedangkan sinyal untuk flip-flop yang lainya diambil dari masing–masing flip-flop sebelumnya.

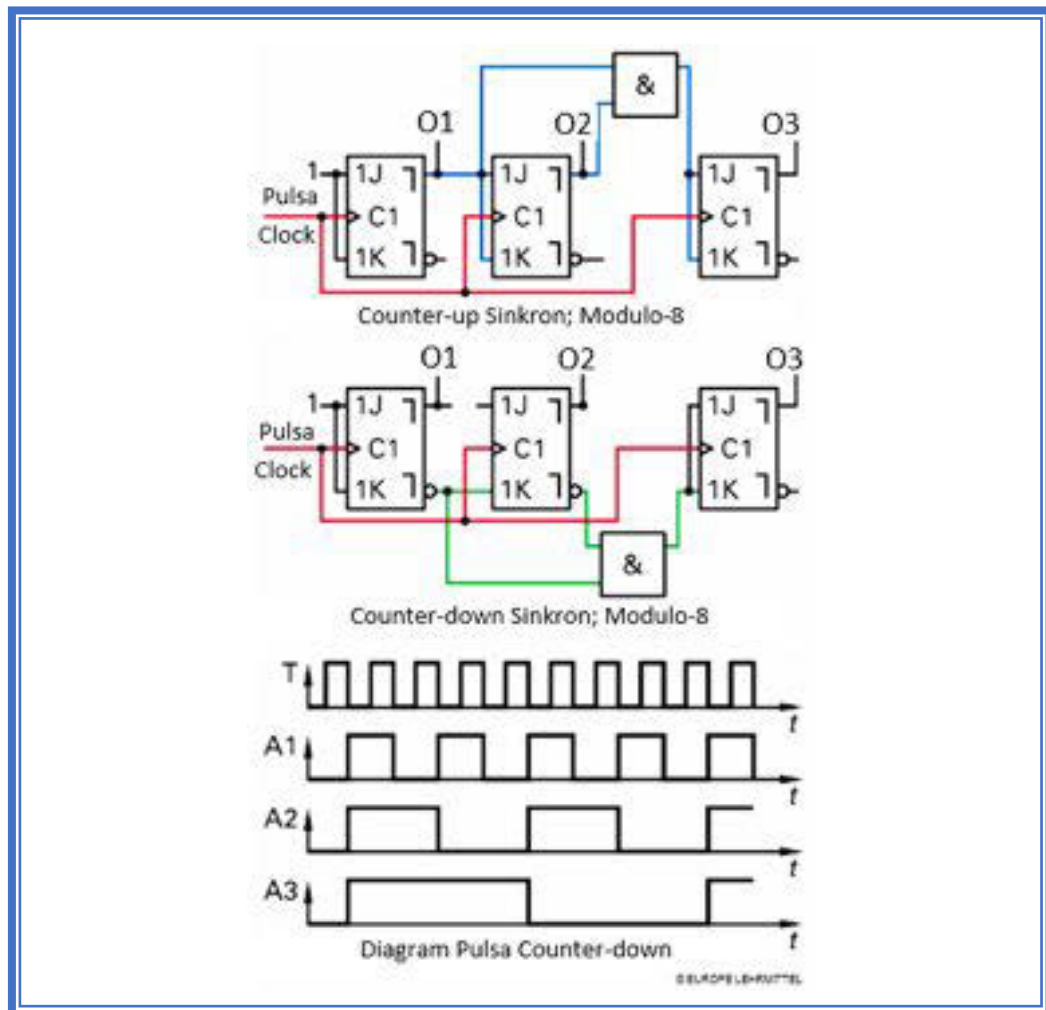
Dengan tiga master-slave flip-flop Seri, delapan pulsa dihitung. Dengan sisi pulsa negatif (sisi pulsa turun) kedelapan, semua flip-flop di-reset. Jumlah tertinggi yang muncul adalah bilangan biner d = 111, yang sesuai dengan angka desimal 7. Jika counter memiliki delapan keadaan hitungan yang berbeda, maka disebut counter modulo-8. Sebuah counter asinkron dengan n seri JK-MS-FF dapat menghitung pulsa 2^n. Bilangan biner terbesar yang dapat dihitung memiliki nilai 2^n -1.

Gambar 2.24 Counter Asinkron

Jika pulsa clock dari output $\overline{O}$ digunakan untuk mengontrol flip-flop berikutnya, maka dikatakan sebuah Counter-down.

Gambar 2.25 Counter-down Modulo-8

A.2 Counter Sinkron

Masalah yang dihadapi *ripple counter* disebabkan oleh berakumulasinya penundaan perambatan FF. Kesukaran-kesukaran ini dapat diatasi dengan menggunakan counter sinkron atau paralel, dimana semua FF di-trigger secara serentak (secara paralel) oleh pulsa clock. Karena pulsa-pulsa input diberikan kepada semua FF, maka harus digunakan beberapa cara untuk mengontrol kapan tiap-tiap FF harus toggle atau diam tak terpengaruh oleh suatu pulsa clock.

Karakteristik counter sinkron adalah bahwa semua flip-flop dikontrol secara simultan. Clock counter lebih tinggi daripada counter asinkron dalam kapasitas yang sama. Jadi counter sinkron lebih cepat daripada counter asinkron. Memicu flip-flop secara sinkron membutuhkan koneksi yang sesuai pada masukan J dan K. Hal ini untuk memastikan bahwa hanya keadaan output flip-flop yang telah berubah, sehingga urutan hitung tepat. Dalam counter-down-sinkron modulo-8 yang menggunakan output-negasi untuk diberikan ke masukan J dan K yang sesuai.

Dalam prakteknya, hari ini masih dibuat counter sinkron yang tersedia dalam jumlah besar sebagai komponen terintegrasi (IC). IC dibangun dalam bentuk blok diagram, yang terdiri dari blok kontrol dan satu atau beberapa blok output. Dalam pusat kontrol diidentifikasi jenis kontrol dan fungsi input dan output dari input kontrol. Untuk tujuan ini, digunakan angka dan huruf. Output blok berisi flip-flop.

Gambar 2.26 Counter Sinkron

IC 74190 berisi counter sinkron desimal yang dapat diprogram dalam kode BCD menghitung naik (forward) atau menghitung turun (reverse).

Informasi huruf dan angka dapat ditemukan di blok kontrol:

CTRV DIV 10; Counter; menghitung pulsa 10

Pin 4 Input G1; dengan input CLK Pin 14 dan output Pin 13

Pin 5 Input untuk memilih arah counter, up/down

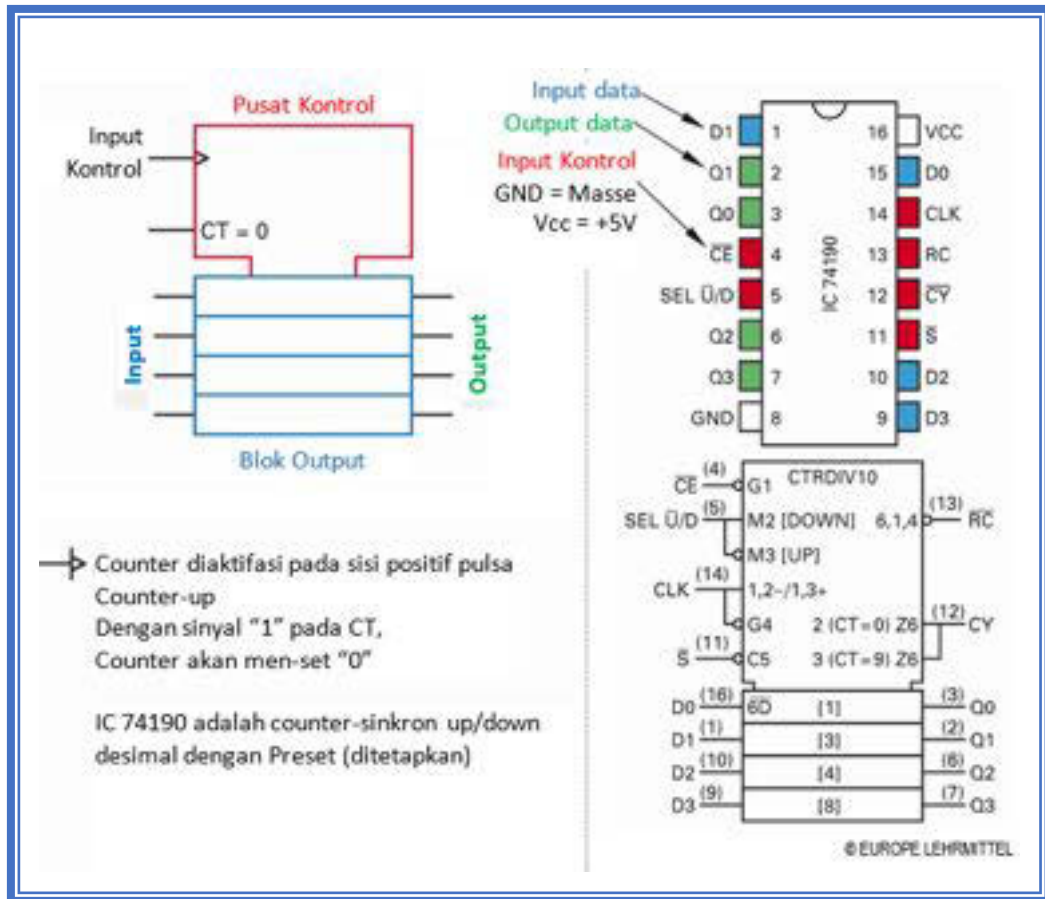
Pin 14 Input clock

Pin 11 Melalui input $\overline{S}$ (C5) informasi pada input-data D0 sampai D3 diambil alih, Counter diprogram

Pin 12 Output CY

Pin 13 Output RC

Pin 15 Input counter dengan fungsi-D

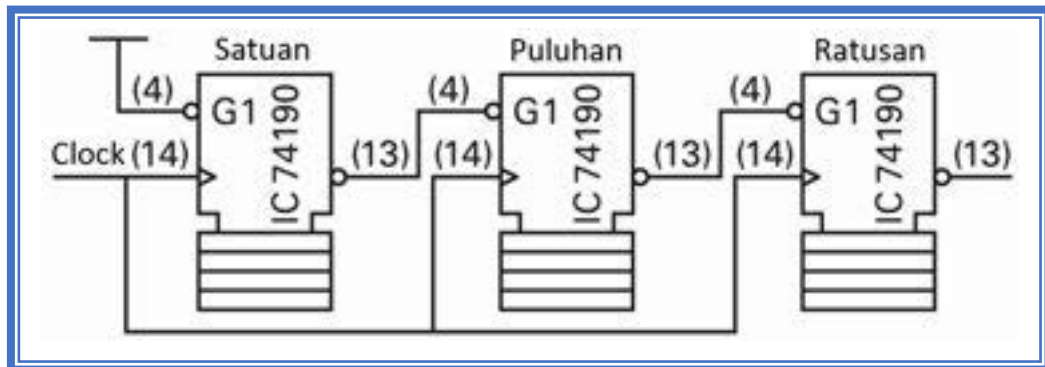
Pin 3 Output counter untuk kedua jenis counter (up/down)

Gambar 2.27 Blok Diagram IC 74190

Tabel 2.2 Tabel kontrol IC 74190

INPUT				OUTP./FUNCT.					
$\overline{CE}$	S	SEL $\overline{U}$/D	CLK	Q3	Q2	Q1	Q0	CY	$\overline{RC}$
L	H	L	ʃ	L	L	L	L	L	H
X	L	X	X	load				L	H
H	H	X	X	no change				L	H
L	H	L	ʃ	count up				L	H
L	H	H	ʃ	count down				L	H
L	H	L	ʃ	H	L	L	L	L	H
L	H	L	ʃ	H	L	L	H	⎍	⊔

Tabel 2.3 Identifikasi huruf I/O kontrol

Huruf	Arti
C	Kontrol
EN	Pelepasan/enable
G	AND
M	Modus
N	Negasi
R	Reset
S	Set
V	OR
Z	Sambungan

Counter multi-step diperoleh dengan cascading (tingkat-berurutan) blok counter. Diilustrasikan tiga dekade counter-step adalah sebagai counter up. Setelah reset semua flip-flop (inisialisasi) counter akan mulai menghitung dari 0 sampai 999. Pelepasan (enable) $\overline{CE}$ (pin 4) dari digit puluhan dapat dilakukan melalui pengalihan $\overline{RC}$(pin 13) dari posisi satuan.

Gambar 2.28 Counter-step 3 blok, penggambaran sederhana

A.3 Register

Dalam elektronika digital seringkali diperlukan penyimpan data sementara sebelum data diolah lebih lanjut. Elemen penyimpan dasar adalah flip-flop. Setiap flip-flop menyimpan sebuah bit data. Sehingga untuk menyimpan data n-bit, diperlukan n buah flip-flop yang disusun sedemikian rupa dalam bentuk register.

Register adalah penyimpan multi-bit cepat (4-bit sampai 64-bit) untuk sebagian data. Penyimpanan informasi berlangsung singkat dalam bentuk biner. Di sini, setiap informasi adalah sel memori. Menentukan di sel memori yang mana penyimpanan informasi dilakukan, input data sampai ke output melalui urutan temporal tetap. Oleh karena itu register tidak memerlukan alamat untuk menulis atau membaca informasi.

Data biner dapat dipindahkan secara seri atau parallel. Dalam metode seri, bit-bit dipindahkan secara berurutan satu per satu: b0, b1, b2, dan seterusnya. Dalam mode paralel, bit-bit dipindahkan secara serempak sesuai dengan cacah jalur paralel (empat jalur untuk empat bit) secara sinkron dengan sebuah pulsa clock. Ada empat cara dimana register dapat digunakan untuk menyimpan dan

memindahkan data dari satu bagian ke bagian sistem yang lain: (1) Serial input paralel output (SIPO); (2) Serial input serial output (SISO); (3) Paralel input parallel output (PIPO); dan (4) Paralel input serial output (PISO).

Tabel 2.4 Disposisi register berdasar format data

Jenis Register	Input Data	Output Data
Register geser (SR)	Serial	Serial
SR sebagai pengubah serial-paralel	Serial	Paralel
SR sebagai pengubah paralel- serial	Paralel	Serial
Register Penyimpan	Paralel	Paralel

A.4 Register Geser (Prinsip)

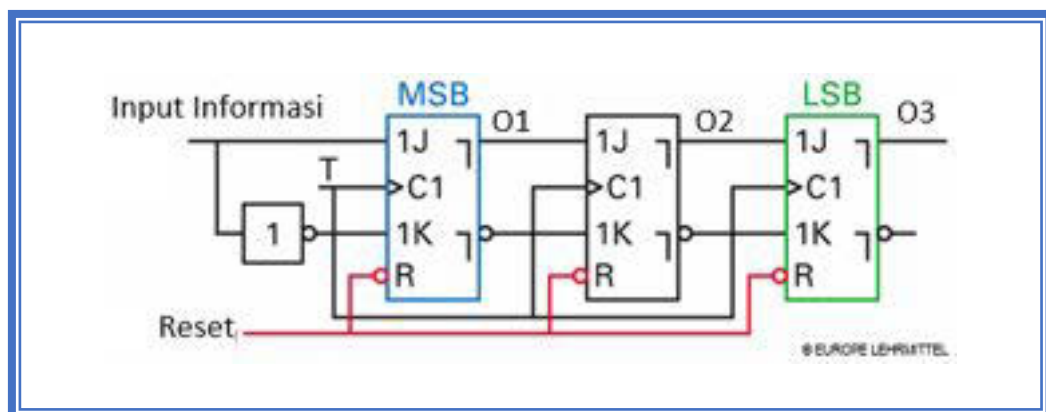
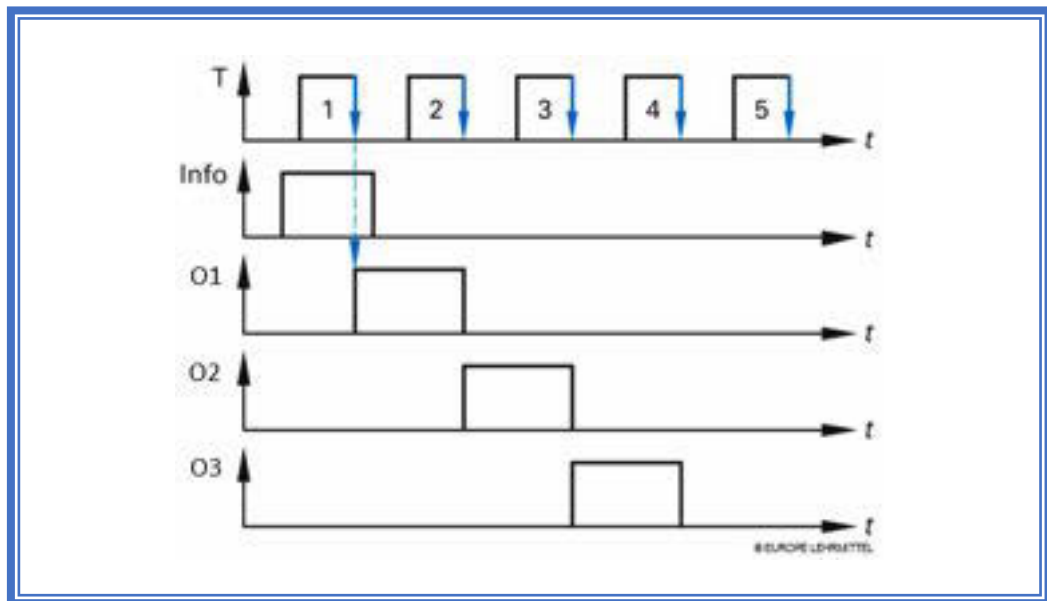
Register Geser adalah suatu register dimana informasi dapat bergeser (digeserkan). Dalam register geser flip-flop saling dikoneksi, sehingga isinya dapat digeserkan dari satu flip-flop ke flip-flop yang lain, kekiri atau kekanan atas perintah denyut lonceng *(Clock)*. Register dapat disusun secara langsung dengan flip-flop. Sebuah flip-flop (FF) dapat menyimpan (store) atau mengingat (memory) atau mencatat (register) data 1 bit.

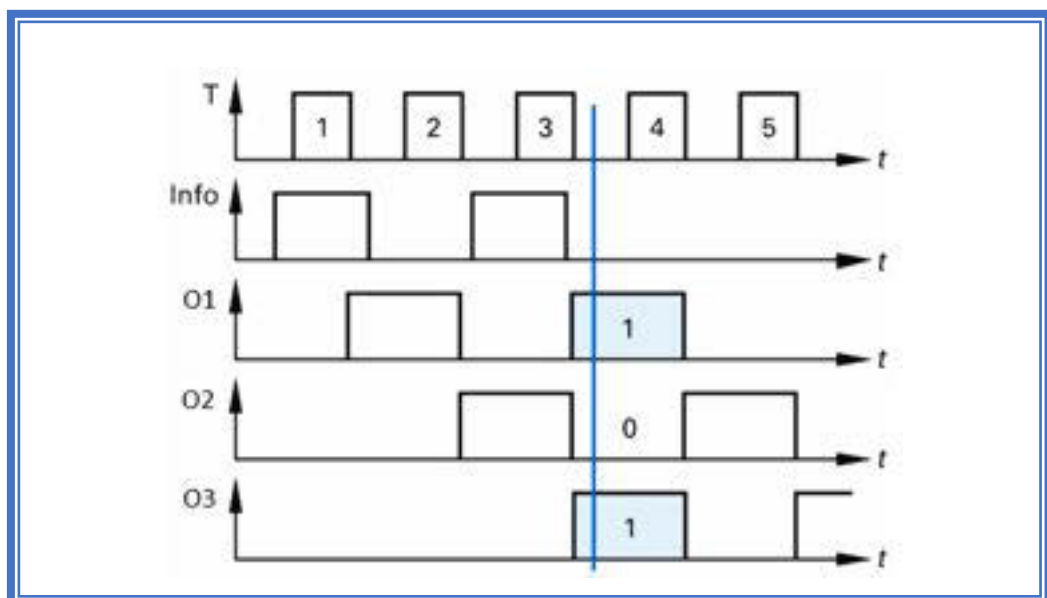
Pada dasarnya, kita dapat membuat register geser (shift register) dengan menggunakan berbagai macam flip-flop, seperti flip-flop RS, JK, D, dan T. Yang penting, rangkaian ini bersifat sinkronus sekuensial, yang berarti bahwa kondisi outputnya ditentukan oleh input, output sekarang (current output) dan setiap output berubah pada waktu yang bersamaan (konotasi dari sinkronus) untuk menjamin integritas data.

Operasi pergeseran data oleh register membuktikan bahwa suatu data biner dapat berpindah tempat, dari satu tempat menuju tempat yang lainnya (flip-flop yang lainnya). Perpindahan terjadi berdasarkan waktu. Register Geser atau Shift Register dapat memindahkan bit-bit yang tersimpan ke kiri atau ke kanan. Pergeseran bit ini penting dalam operasi aritmatika dan operasi logika yang dipakai dalam mikroprosesor (komputer).

Dasar dari register geser adalah menggeser data yang disimpannya. Sebagai contoh, sebuah register geser 3-bit akan menggeser data biner yang saling berurutan sebanyak 3 posisi. Proses bergesernya data yang masuk ke dalam register terjadi sejalan dengan sinyal clock. Cepat-lambatnya pewaktuan dalam pergeseran dientukan oleh sinyal clock yang digunakan. Setiap kali sinyal clock berdenyut, maka data yang tersimpan akan bergeser satu posisi. Jika pulsa clock berdenyut sekali lagi, maka data yang tersimpan akan bergeser satu posisi lagi. Begitulah dan seterusnya.

Contoh kasus register geser dalam pekerjaan sehari-hari yaitu terdapat pada kalkulator. Bila kita memasukan masing-masing digit pada papan tombol, angka pada peraga akan bergeser ke kiri. Dengan kata lain, untuk memasukkan angka 268 kita harus mengerjakan hal sebagai berikut. Pertama, kita akan menekan dan melepaskan 2 pada papan tombol, maka 2 muncul pada peraga pada posisi palng kanan. Selanjutnya, kita menekan dan melepaskan 6 pada papan tombol yang menyebabkan 2 bergeser satu posisi ke kiri, yang memungkinkan 6 muncul pada posisi paling kanan, 26 muncul pada peraga. Akhirnya, kita menekan dan melepaskan 8 pada papan tombol, 268 muncul pada peraga.

Register geser ditunjukkan pada Gambar memiliki kapasitas penyimpanan 3 bit.

Gambar 2.29 Register Geser (SR) 3-Bit
(MSB: Most Significant Bit, LSB: Least Significant Bit)

Gambar 2.30 Diagram Pulsa Register Geser (SR) 3-Bit

Dari diagram waktu jelas bahwa pada setiap sisi clock turun, informasi dari sel memori di sebelahnya bergeser liar. Ketika clock mengunci, informasi disimpan register. Ketika clock kembali mengaktifkan jalur, informasi akan bergeser satu baris. Ketika clock dimulai pergeseran berikutnya, maka informasi yang telah tiba pada output register "hilang", lepas dari register.

Gambar 2.31 Masukan informasi 101

Tugas:

Berapa banyak sinyal clock diperlukan, untuk menyimpan informasi 101 (Gambar diatas) dalam register-geser 3-bit?

Jawab:

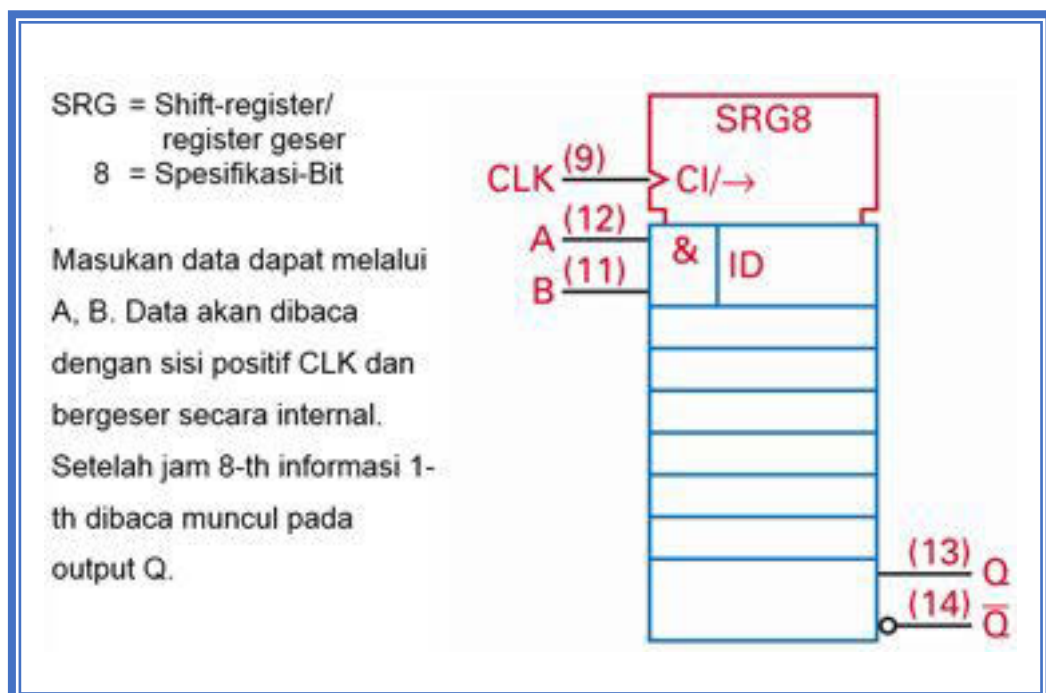
sinyal clock yang diperlukan yaitu 3:

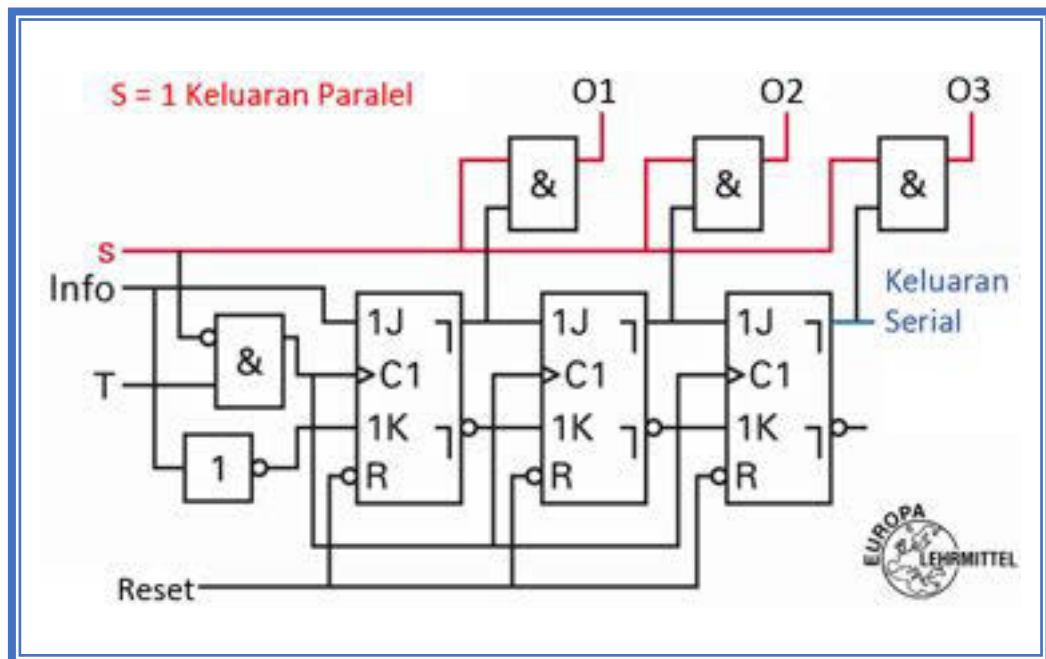
1 clock: LSB = 1 → 1 di A1

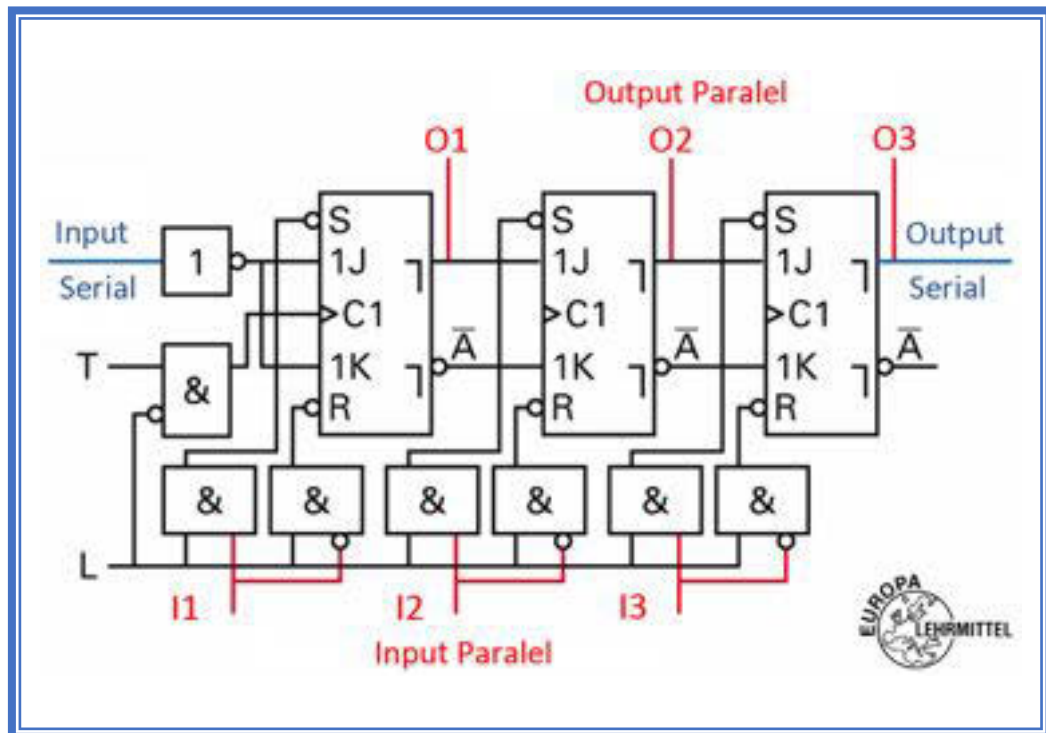
2 clock: LSB = 1 → 1 di A2 dan 0 → A1

3 clock: LSB = 1 → 1 di A3 dan 0 → A2, dan MSB = 1 → A1

Jika dalam sebuah register geser, yang Terdaftar bit pertama juga dikeluarkan kembali pertama, maka hal ini disebut FIFO (first in first out). Untuk clock-bebas penghapus register akan menjadi input penghapus sesaat setelah Mass disambungkan.

Shift register 8-bit dengan input dan output serial yang sering digunakan adalah IC 7491.

Gambar 2.32 Shift-register 8-bit dengan input dan output serial, IC 7491

A1 dan A2 register-geser 3-bit digunakan sebagai output tambahan, sehingga informasi dapat disimpan dalam register secara paralel, yaitu, semua sel memori secara bersamaan membaca. Sebuah register-geser dimana informasi dibaca secara serial dan dikeluarkan secara paralel disebut sebagai pengubah/converter serial-paralel (Gambar dibawah). Pada output paralel clock dinonaktifkan, sehingga informasi register tidak salah. Shift-register, yang bekerja sebagai pengubah/converter Paralel-Serial, untuk mendapatkan informasi disimpan pada saat bersamaan, sehingga secara paralel. Untuk menyimpan informasi, input clock bebas digunakan. Ketika clock memungkinkan bit informasi yang terdaftar sedikit demi sedikit dikeluarkan, sehingga serial.

Gambar 2.33 Pengubah Serial-Paralel 3-bit

Register memori adalah register yang membaca informasi secara paralel dan secara simultan mengeluarkan pula. Register ini dibangun dengan JK-MS-FF dengan tambahan input statis. Tentang input statis ini informasi akan ditulis langsung ke dalam FF (Gambar dibawah). Selanjutnya, dalam suatu register memori juga dimungkinkan data input dan output serial.

Gambar 2.34 Register memori 3-bit

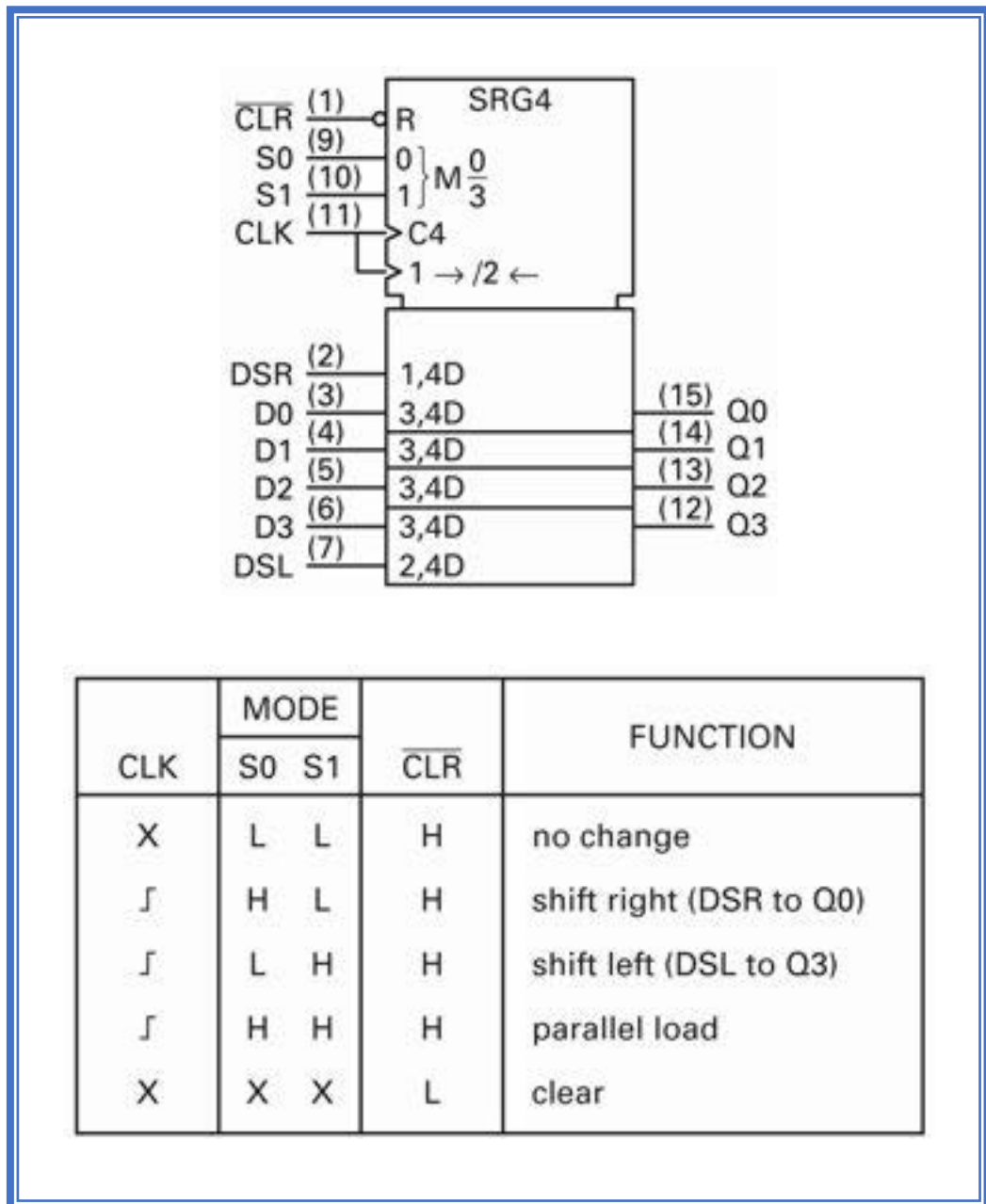
Shift-register bi-directional (dua arah yang berlawanan) adalah register dengan kontrol yang tepat untuk memindahkan informasi yang tersimpan dengan setiap clock bergeser satu posisi bit ke kanan atau ke kiri. Diilustrasikan IC 74194 adalah shift-register dua arah 4-bit. Modus operasinya diatur melalui SO dan S1. DO ke D3 adalah masukan informasi, output Q0 sampai Q3.

Jika pada SO sinyal " 1 " dan pada S1 sinyal " 0 ", sehingga data ditransfer ke input DSR serial dan memindahkan data yang lain pada setiap clock sisi positif, satu bit bergeser posisi ke kanan. Isi register saat ini tersedia pada output. Dengan SO = " 0 " dan S1 = " 1 ", data digeser ke kiri. Input serial untuk ini adalah DSL.

Jika SO dan S1 = "0", maka shift-register tidak melakukan fungsi apapun. Sinyal "1" pada input reset CLR harus terjadi pada semua mode kerja. Sinyal "0" CLR akan menghapus semua intern FF dan membawa semua output pada logika "0".

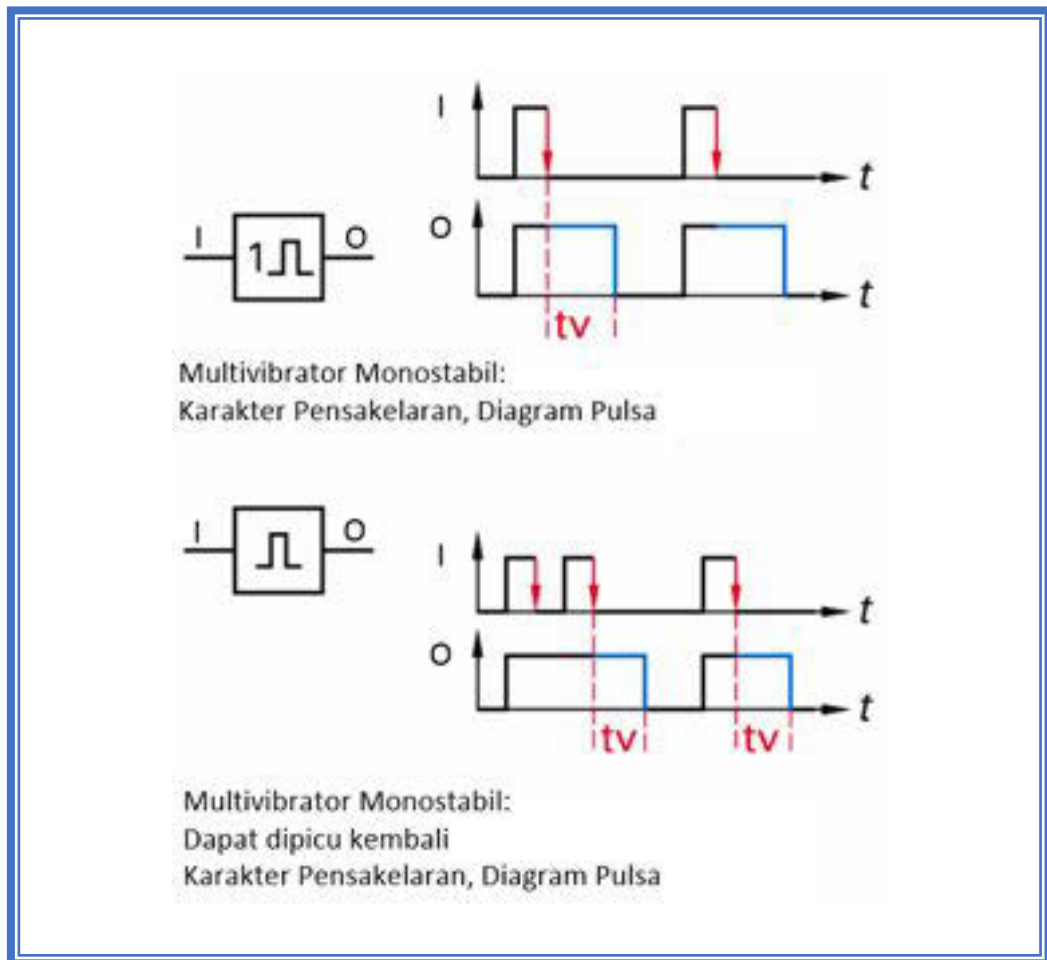
Penggunaan Register

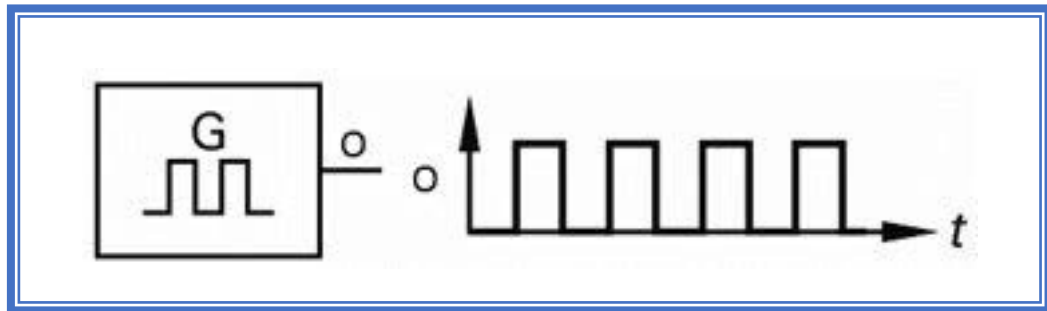
Dalam teknik mikrokontroller register misalnya digunakan sebagai buffer data atau pengarah bus. Dalam teknologi PLC register sebagai FIFO, LIFO (last in first out) atau untuk penyimpanan data untuk blok data yang digunakan.

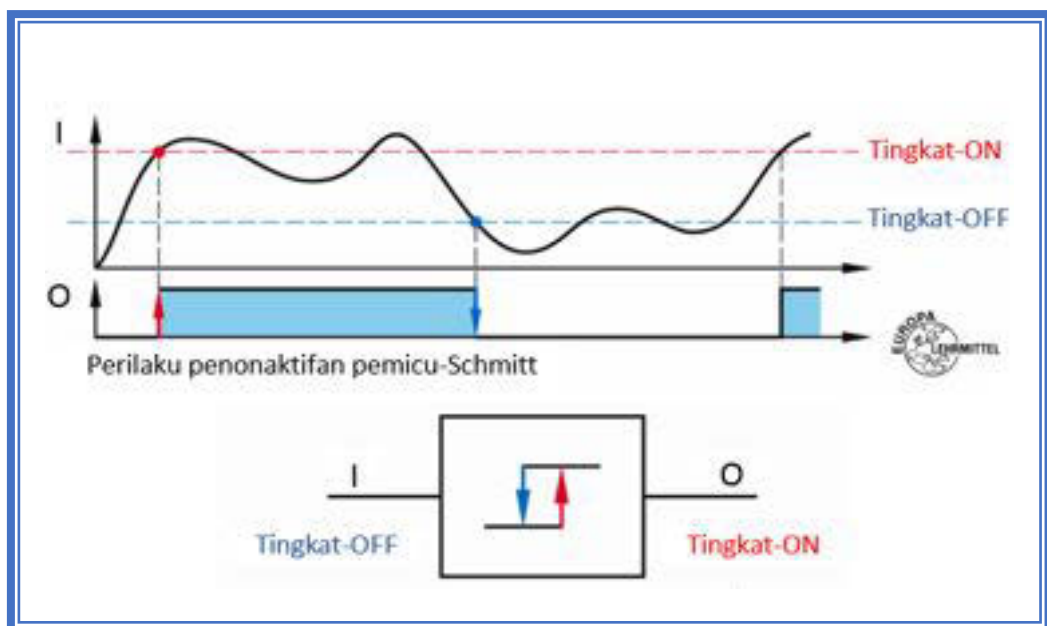
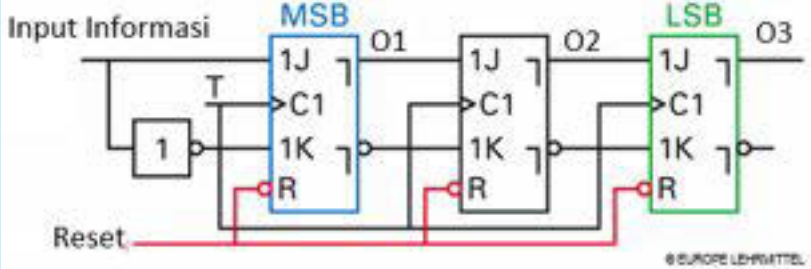
CLK	MODE S0	MODE S1	$\overline{CLR}$	FUNCTION
X	L	L	H	no change
ʃ	H	L	H	shift right (DSR to Q0)
ʃ	L	H	H	shift left (DSL to Q3)
ʃ	H	H	H	parallel load
X	X	X	L	clear

Gambar 2.35 IC 74194 Shift-register bi-direksional dengan paralel data input dan output

A.Blok Digital Khusus

Multivibrator monostabil adalah suatu rangkaian yang mempunyai satu keadaan stabil, yaitu niali output O = 0. Kalau rangkaian Multivibrator monostabil dipicu atau ditrigger oleh pulsa dari luar, maka multivibrator monostabil akan mengalami keadaan quasi-stabil sehingga O menjadi 1 untuk lama waktu tertentu, lalu kemudian kembali ke keadaan stabil lagi yaitu O = 0. Yang menentukan lamanya keadaan quasi-stabil berlangsung adalah nilai komponen pewaktu (timing) R dan C yang ada pada rangkaian multivibrator monostabil tersebut.

Multivibrator monostabil ini memiliki satu kondisi yang stabil dan satu kondisi yang tidak stabil Pada operasi ini, pengatur waktu berfungsi sebagai satu tingkat keluaran (one shot). Disebut sebagai multivibrator monostabil apabila satu tingkat tegangan keluarannya adalah stabil sedangkan tingkat tegangan keluaran yang lain adalah quasi-stable. Rangkaian tersebut akan beristirahat pada saat tingkat tegangan keluarannya dalam keadaan stabil sampai dipicu menjadi keadaan quasi-stable. Keadaan quasi-stable dibentuk oleh rangkaian multivibrator untuk suatu periode tv yang telah ditentukan sebelum berubah kembali ke keadaan stabil. Sebagai catatan bahwa selama periode tv adalah tetap, waktu antara pulsa-pulsa tersebut tergantung pada pemicu tegangan keluaran multivibrator ini. Kapasitor eksternal pada awalnya diisi dan kemudian dikosongkan kembali dengan menghubung-singkatkan agar terjadi pelepasan kapasitor dan menggerakan keluaran menjadi tinggi. IC 74122 berisi sebuah multivibrator monostabil yang dapat dipicu kembali.

Gambar 2.36 Multivibrator monostabil

Multivibrator A-stabil adalah suatu rangkaian yang mempunyai dua keadaan quasi-stabil (bukan keadaan stabil) dan berosilasi secara kontinu guna menghasilkan bentuk gelombang persegi atau pulsa di outputnya. Pada multivibrator a-stabil, outputnya tidak stabil pada setiap keadaan (state), tapi akan berubah secara kontinu dari 0 ke 1 dan dari 1 ke 0. Dalam hal ini tidak diperlukan sinyal trigger luar untuk menghasilkan perubahan keadaan. Prinsip ini sama dengan rangkaian osilator dan kondisi ini sering disebut dengan *free running*. Multivibrators A-stabil adalah generator frekuensi.

Gambar 2.37 Multivibrator A-stabil: Karakteristik Pensakelaran

The Schmitt trigger adalah pemicu. Jika input sinyal melebihi tingkat tegangan tertentu, pemicu Schmitt memindah ke posisi kerjanya ("1" pada O), jika jatuh di bawah tingkat tertentu, pemicu Schmitt membalik ke posisi istirahat nya. Pemindahan (switching) dilakukan dengan cepat. Oleh karena itu tegangan output-nya adalah persegi panjang. Biasanya pemicu Schmitt memiliki perbedaan tingkat switch-on dan switch-off, hal ini kemudian disebut hysteresis (perbedaan tingkat switching antara ON dan OFF).

Gambar 2.38 Schmitt Trigger: Karakteristik Pensakelaran

3.3.3 Rangkuman

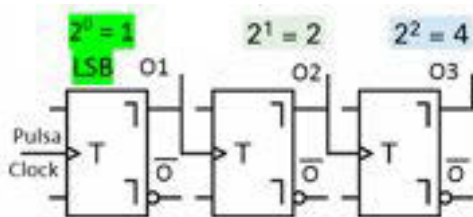
a. Fungsi counter (pencacah) terdiri …….

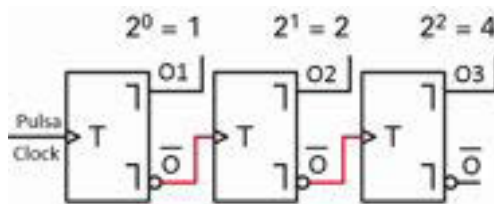
3.3.4 Tugas

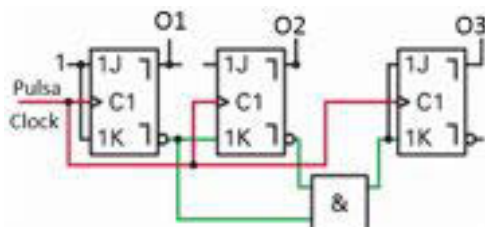
TUGAS	Amati dan perhatikan gambar fungsi logika berikut! Bertanyalah kepada narasumber terhadap beberapa istilah/konsep/problem yang menjadi permasalahan. Kumpulkan informasi dan analisislah dengan menjawab pertanyaan berikut ini: 1. Apa nama fungsi logika diatas! 2. Gambarkan diagram pulsa/diagram waktu-nya! 3. Jelaskan cara kerjanya!. 4. Buatlah resume dan dokumentasikan dalam bentuk laporan.
PETUNJUK KERJA	1. Tugas dikerjakan secara berkelompok, pilih ketua dan sekretaris. 2. Rencanakan persiapan untuk presentasi hasil diskusi kelompok dengan membuat file-powerpoint. Pilih petugas yang akan mempresentasikan di depan kelas. 3. Berdasarkan hasil diskusi kelompok, masing-masing anggota kelompok membuat laporan dan dikumpulkan kepada Guru Mapel.

3.3.5 Tes Formatif Fungsi Counter

Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan jelas!

1. Apa yang dimaksud dengan counter asinkron? dan apa pula yang dimaksud dengan counter sinkron?
2. Sebutkan perbedaan antara counter asinkron dengan counter sinkron!
3. Manakah yang lebih cepat antara counter asinkron dengan counter sinkron? Mengapa?
4. Perhatikan gambar dibawah!

a. Apa nama blok fungsi logika disamping?
b. Termasuk jenis counter sinkron ataukah asinkron?
c. Jelaskan cara kerjanya!

5. Perhatikan gambar dibawah!

a. Apa nama blok fungsi logika disamping?
b. Termasuk jenis counter sinkron ataukah asinkron?
c. Dimana letak perbedaan dengan gambar soal no.4?

6. Perhatikan gambar dibawah!

a. Apa nama blok fungsi logika disamping?
b. Termasuk jenis counter sinkron ataukah asinkron?
c. Jelaskan cara kerjanya?

6. Jelaskan cara kerja register geser SR dengan input dan output serial !
7. Ada berapa cara yang dapat digunakan register untuk menyimpan dan memindahkan data dari satu bagian ke bagian sistem yang lain? Sebutkan !
8. Dalam teknologi PLC, digunakan memori FIFO. Bagaimana cara kerja penyimpan ini?
9. Apa perbedaan multivibrators monostable dan A-stabil?
10. Bagaimana pemicu Schmitt bekerja?

3.3.6 Lembar Jawaban Tes Formatif

3.3.7 Lembar Kerja Peserta Didik

3.4 Kegiatan Belajar 6: Sistem Bilangan

3.4.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah selesai mempelajari materi ini, peserta didik dapat:

a. Menjelaskan sistem bilangan desimal, biner dan heksadesimal
b. Mengkonversi Bilangan Desimal Ke Sistem Bilangan Lain
c. Mengkonversi Basis Bilangan Lain Ke Bilangan Desimal
d. Mengkonversi Basis Bilangan Ke Basis Bilangan Lain

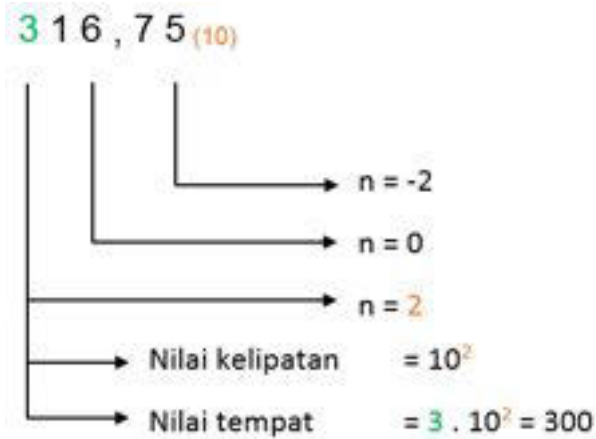
3.4.2 Uraian Materi

SISTEM BILANGAN

A. Umum

Dalam teknologi digital sistem bilangan yang sering digunakan adalah sistem desimal, sistem biner dan sistem heksadesimal. Sebuah sistem bilangan adalah himpunan digit yang tersusun untuk menggambarkan angka. Sistem bilangan yang disebutkan di atas adalah sistem yang penting, dimana nilai digit tergantung pada dasar sistem bilangan dan posisinya atau posisi dalam jumlah (Tabel).

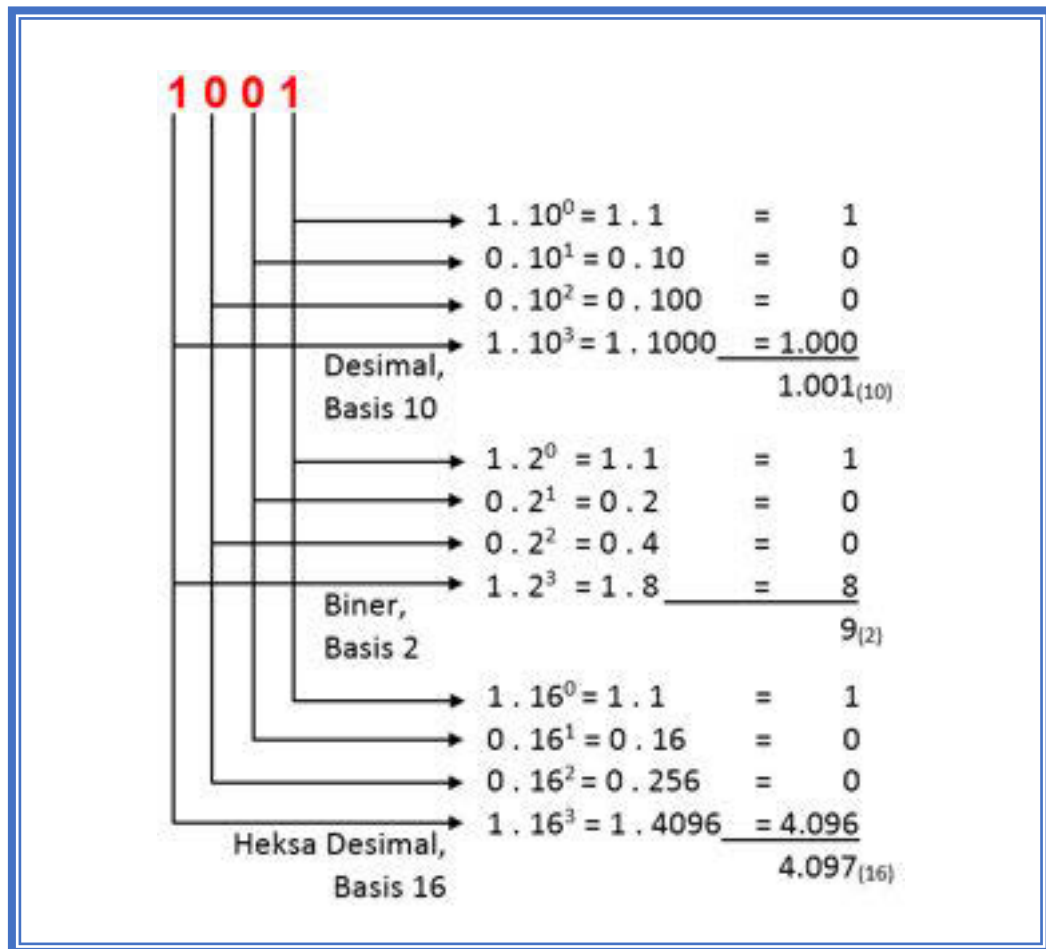
Tabel 2.5 Kode Bilangan

	Sistem Desimal	**Sistem Biner**	**Sistem Heksadesimal**
Digit/Angka	0 sampai 9	0 dan 1	0 sampai 9, A sampai F
Basis	10	2	16

Basis sistem bilangan adalah sama dengan jumlah digit yang digunakan. Nilai tempat diperoleh dengan cara mengalikan digit dengan nilai kelipatan. Nilai kelipatan tergantung pada basis dan nomor ekstensi n, ke kiri atau ke kanan dari titik desimal bilangan. Nilai bilangan adalah jumlah dari semua nilai tempat.

Dalam kehidupan sehari-hari, bilangan yang kita pergunakan untuk menghitung adalah bilangan yang berbasis 10 atau disebut Sistem Desimal. Setiap tempat penulisan dapat terdiri dari simbol-simbol 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

Susunan penulisan bilangan menunjukan harga/nilai tempat dari bilangan tersebut misalnya, satuan, puluhan, ratusan, dan seterusnya. Tempat penulisan semakin kekiri menunjukan nilai tempat bilangan yang semakin tinggi.

Dalam teknik digital maupun teknik mikroprosessor pada umumnya bilangan yang dipakai adalah bilangan yang berbasis 2 atau Sistem Biner. Dalam sistem biner disetiap tempat penulisan hanya mungkin menggunakan simbol 0 atau simbol 1, sedangkan nilai tempat bilangan tersusun seperti pada sistem desimal.

Di bawah ini adalah bilangan 1001 dalam beberapa bentuk sistem bilangan.

Gambar 2.38 Beberapa Sistem Bilangan

Disamping sistem Desimal dan sistem Biner dalam gambar terlihat pula bilangan yang berbasis 16 atau sistem Heksadesimal.

B. Sistem Desimal (Dinari)

Pada sistem desimal (*latin. decum* =10), seperti telah kita ketahui bersama bahwa sistem ini berbasis 10 dan mempunyai 10 simbol yaitu dari angka 0 hingga 9. Setiap tempat mempunyai nilai kelipatan dari 10^0, 10^1, 10^2, dan seterusnya. Penulisan bilangan terbagi dalam beberapa tempat dan banyaknya tempat tergantung dari besarnya bilangan. Setiap tempat mempunyai besaran tertentu yang harga masing-masing tempat secara urut dimulai dari kanan.

ribuan	ratusan	puluhan	satuan
10^3	10^2	10^1	10^0

Kebiasaan sehari-hari harga suatu bilangan desimal dituliskan dalam bentuk yang mudah sebagai berikut:

10932 = 1 . 10000 + 0 . 1000 + 9 . 100 + 3 . 10 + 2 . 1

Desimal = $1 . 10^4 + 0 . 10^3 + 9 . 10^2 + 3 . 10^1 + 2 . 10^0$

= 10932 desimal

C. Sistem Biner

Sistem Biner (*latin. Dual*) atau “duo” yang berarti 2, banyak dipakai untuk sinyal elektronik dan pemrosesan data. Kekhususan sistem biner untuk elektronik yaitu bahwa sistem biner hanya mempunyai 2 simbol yang berbeda, sehingga pada sistem ini hanya dikenal angka “0“ dan angka “1 “.

Contoh:

$$10101 \text{ biner} = 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$$

$$= 1 \cdot 16 + 0 \cdot 8 + 1 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 1 \cdot 1$$

$$= 21 \text{ desimal}$$

Setiap tempat pada bilangan biner mempunyai kelipatan 2^0, 2^1, 2^2, 2^3 dan seterusnya yang dihitung dari kanan kekiri. Selanjutnya kita juga dapat merubah bilangan desimal ke bilangan biner atau sebaliknya dari bilangan biner ke bilangan desimal.

D. Sistem Heksadesimal

Sistem Heksadesimal yang juga disebut Sedezimalsystem, banyak dipakai pada teknik komputer. Sistem ini berbasis 16 sehingga mempunyai 16 simbol yang terdiri dari 10 angka yang dipakai pada sistem desimal yaitu angka 0 … 9 dan 6 huruf A, B, C, D, E dan F. Keenam huruf tersebut mempunyai harga desimal sebagai berikut: A = 10; B = 11; C = 12; D =13; E = 14 dan F = 15. Dengan demikian untuk sistem heksadesimal penulisanya dapat menggunakan angka dan huruf.

Contoh:

2AF3	$= 2 \cdot 16^3 + A \cdot 16^2 + F \cdot 16^1 + 3 \cdot 16^0$
heksadesimal	$= 2 \cdot 4096 + 10 \cdot 256 + 15 \cdot 16 + 3 \cdot 1$
	= 10955 desimal

E. Konversi Basis Bilangan

E.1 Konversi Bilangan Desimal Ke Sistem Bilangan Lain

Sistem bilangan desimal secara mudah dapat dirubah dalam bentuk sistem bilangan yang lain. Ada banyak cara untuk melakukan konversi bilangan, proses yang paling mudah dan sering digunakan untuk memindah bentuk bilangan adalah “Proses Sisa“. Tabel di bawah memperlihatkan perbandingan sistem bilangan berbasis 16 (Heksadesimal), bilangan berbasis 10 (desimal), dan bilangan berbasis 2 (biner).

Tabel 2.6 Perbandingan Sistem Bilangan

Sistem Heksadesimal			Sistem Desimal			Sistem Biner				
16^2 256	16^1 16	16^0 1	10^2 100	10^1 10	10^0 1	2^4 16	2^3 8	2^2 4	2^1 2	2^0 1
		0			0	0	0	0	0	0
		1			1	0	0	0	0	1
		2			2	0	0	0	1	0
		3			3	0	0	0	1	1
		4			4	0	0	1	0	0
		5			5	0	0	1	0	1
		6			6	0	0	1	1	0
		7			7	0	0	1	1	1
		8			8	0	1	0	0	0
		9			9	0	1	0	0	1
		A		1	0	0	1	0	1	0
		B		1	1	0	1	0	1	1
		C		1	2	0	1	1	0	0
		D		1	3	0	1	1	0	1
		E		1	4	0	1	1	1	0
		F		1	5	0	1	1	1	1
	1	0		1	6	1	0	0	0	0

© EUROPE LEHRMITTEL

Untuk merubah bilangan desimal ke bilangan yang berbasis lain cukup membagi bilangan desimal dengan basis bilangan yang baru hingga habis.

Contoh 1:

Bilangan $71_{(10)}$ akan dikonversi ke bilangan Biner.

Jawab:

Contoh 2:

Konversi Bilangan Desimal $83_{(10)}$ ke bilangan Biner.

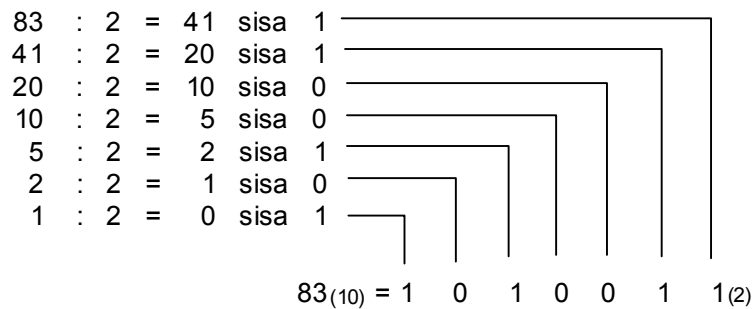
Jawab:

83 dibagi dengan basis bilangan baru yaitu 2

83 : 2 = 41 sisa 1.

Sisa 1 ini merupakan digit pertama dari bilangan biner ...x x x x 1. Untuk mendapatkan harga pada digit berikutnya adalah:

41 : 2 = 20 sisa 1

Sisa 1 ini menempati digit selanjutnya sehingga bentuk binernya ...x x x 1 1 dan seterusnya seperti di bawah ini.

Jadi: $83_{(10)}$ = $1010011_{(2)}$.

Contoh 3:

Konversi Bilangan Desimal $10846_{(10)}$ ke bilangan Heksadesimal.

```
10846 : 16 = 677  sisa 14
  677 : 16 =  42  sisa  5
   42 : 16 =   2  sisa 10
    2 : 16 =   0  sisa  2
```

$10846_{(10)} = 2 \quad A \quad 5 \quad E_{(16)}$

Jadi: $10846_{(10)} = 2A5E_{(16)}$

$$
\begin{aligned}
Test \rightarrow\ & 2 \,.\, 16^3 + 10 \,.\, 16^2 + 5 \,.\, 16^1 + 14 \,.\, 16^0 \\
= \ & 2 \,.\, 4096 + 10 \,.\, 256 + 5 \,.\, 16 + 14 \,.\, 1 \\
= \ & 8192 + 2560 + 80 + 14 \\
Z_{(10)} = \ & 10846
\end{aligned}
$$

E.2 Konversi Basis Bilangan Lain Ke Bilangan Desimal

Untuk merubah satu sistem bilangan ke bilangan desimal, cukup dengan mengalikan masing-masing angka dengan basis yang pangkatnya sesuai dengan tempat masing-masing. Hasil penjumlahan merupakan bilangan desimal yang dicari.

Contoh 1:

Konversi Bilangan Biner $10101010_{(2)}$ ke bilangan Desimal.

Jadi: $10101010_{(2)} = 170_{(10)}$

Contoh 2:

Konversi Bilangan Heksadesimal $B3C9_{(16)}$ ke bilangan Desimal.

Jadi: $B3C9_{(16)} = 46025_{(10)}$

E.3 Konversi Basis Bilangan Ke Basis Bilangan Lain

Untuk merubah dari satu sistem bilangan ke sistem bilangan yang lain memerlukan dua langkah. Pertama kita rubah sistem bilangan yang lama ke bilangan desimal kemudian dari bilangan desimal dirubah ke sistem bilangan yang diinginkan.

Contoh 1:

Konversi Bilangan Biner $101101_{(2)}$ ke bilangan Heksadesimal.

Langkah Pertama

Langkah Kedua

45 : 16 = 2 sisa 13

2 : 16 = 0 sisa 2

$45_{(10)} = 2D_{(16)}$

.

Contoh 2:

Konversi Bilangan Heksadesimal $2FC_{(16)}$ ke bilangan Biner.

Langkah Pertama

2 F C

$12 \cdot 16^0 = 12 \cdot 1 = 12$

$15 \cdot 16^1 = 15 \cdot 16 = 240$

$2 \cdot 16^2 = 2 \cdot 256 = 512$

$2FC_{(16)} = 764_{(10)}$

Langkah Kedua

764	:	2	=	382	sisa	0
382	:	2	=	191	sisa	0
191	:	2	=	95	sisa	1
95	:	2	=	47	sisa	1
47	:	2	=	23	sisa	1
23	:	2	=	11	sisa	1
11	:	2	=	5	sisa	1
5	:	2	=	2	sisa	1
2	:	2	=	1	sisa	0
1	:	2	=	0	sisa	1

$764_{(10)} = 1\ 0\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 0\ 0_{(2)}$

Jadi: $2FC_{(16)} = 1011111100_{(2)}$

E.4 Bentuk Bilangan Desimal dan Bilangan Biner antara 0 dan 1

Pada pembahasan sebelumnya kita telah membicarakan tentang sistem bilangan, dan konversi bilangan dalam bentuk bilangan bulat positip. Kali ini kita akan membahas tentang bilangan antara 0 dan 1 yang kita kenal dengan sebutan bilangan pecahan positip. Untuk menuliskan bentuk bilangan pecahan desimal, kita cukup menuliskan koma (,) dibelakang bilangan bulatnya. Setiap tempat dibelakang koma mempunyai kelipatan 1/10.

Di bawah ini adalah contoh penulisan bilangan pecahan desimal yang sering kita jumpai.

Contoh

0, 5 3 7 1 $_{(10)}$

Posisi					
tempat ke-4 setelah koma	$1 \cdot 1/10^4$	$= 1 \cdot 10^{-4}$	$= 1 \cdot 0{,}0001$		= 0,0001
tempat ke-3 setelah koma	$7 \cdot 1/10^3$	$= 7 \cdot 10^{-3}$	$= 7 \cdot 0{,}001$		= 0.007
tempat ke-2 setelah koma	$3 \cdot 1/10^2$	$= 3 \cdot 10^{-2}$	$= 3 \cdot 0.01$		= 0.03
tempat ke-1 setelah koma	$5 \cdot 1/10^1$	$= 5 \cdot 10^{-1}$	$= 5 \cdot 0{,}1$		= 0,5
tempat ke-1 sebelum koma	$0 \cdot 10^0$	$= 0 \cdot 1$	$= 0$		= 0

0,5371 = 0 + 0,5 + 0,03 + 0,007 + 0,0001

Di bawah ini adalah bentuk bilangan biner antara $0_{(2)}$ dan $1_{(2)}$

Contoh

0, 1 0 1 $_{(2)}$

Posisi				
tempat ke-3 setelah koma	$1 \cdot 1/2^3$	$= 1 \cdot 2^{-3}$	$= 1 \cdot 0{,}001$	= 0.001
tempat ke-2 setelah koma	$0 \cdot 1/2^2$	$= 0 \cdot 2^{-2}$	$= 0 \cdot 0.01$	= 0.00
tempat ke-1 setelah koma	$1 \cdot 1/2^1$	$= 1 \cdot 2^{-1}$	$= 1 \cdot 0{,}1$	= 0,1
tempat ke-1 sebelum koma	$0 \cdot 2^0$	$= 0 \cdot 1$	$= 0$	= 0

$0{,}101_{(2)} = 0_{(2)} + 0{,}1_{(2)} + 0{,}00_{(2)} + 0{,}001_{(2)}$

Untuk merubah bilangan desimal yang besarnya lebih kecil dari 1 (satu) ke bentuk bilangan biner kita lakukan proses perkalian seperti di bawah ini.

Contoh:

0,4375 . 2 = 0 sisa 0,8750

0,8750 . 2 = 1 sisa 0,7500

0,7500 . 2 = 1 sisa 0,5000

0,5000 . 2 = 1 sisa 0

Sebagai koreksi untuk mengetahui kebenaran konversi,dapat kita lakukan proses balik seperti di bawah ini,

$$0,\ 0 \quad 1 \quad 1 \quad 1_{(2)} =$$

$$0 + 0.\ 2^{-1} + 1.\ 2^{-2} + 1.\ 2^{-3} + 1.\ 2^{-4} =$$

$$0 + 0.0,5 + 1.0,25 + 1.0,125 + 1.0,0625 = 0,4375$$

Tidak semua konversi dari bilangan desimal ke bilangan biner menghasilkan sisa 0 seperti pada contoh di atas. Untuk mengatasi hal tsb. maka dalam konversi kita batasi sampai beberapa angka dibelakang koma. Semakin banyak angka dibelakang koma maka kesalahanya semakin kecil.

Contoh:

0,5371 .2 = 1 sisa 0,0742

0,0742 .2 = 0 sisa 0,1484

0,1484 .2 = 0 sisa 0,2968

0,2968 .2 = 0 sisa 0,5936

0,5936 .2 = 1 sisa 0,1872 $0{,}5371_{(10)} = 0{,}10001_{(2)}$

0,1872 .2 = 0 sisa 0,3744

0,3744 .2 = 0 sisa 0,7488

0,7488 .2 = 1 sisa 0,4976 $0{,}5371_{(10)} = 0{,}10001001_{(2)}$

Jika proses diakhiri sampai perkalian kelima,

$0{,}10001_{(2)}$ = 0,5 + 0,03125 = 0,53125

Kesalahan = 0,5371 - 0,53125 = 0,00585

Jika proses diakhiri sampai perkalian kedelapan,

$0{,}10001001_{(2)}$ = 0,5 + 0,03125 + 0,00390625 = 0,53515625

Kesalahan = 0,5371 - 0,53515625 = 0,00194375

Melalui kombinasi dari bilangan positip di atas 1 dan bilangan positip di bawah 1 dapat dinyatakan bentuk bilangan positip seperti di bawah ini,

Contoh:

$323,4375_{(10)} = ?_{(2)}$

Konversi bilangan desimal $325_{(10)}$

325 : 2 = 162 sisa 1

162 : 2 = 81 sisa 0

81 : 2 = 40 sisa 1

40 : 2 = 20 sisa 0

20 : 2 = 10 sisa 0

10 : 2 = 5 sisa 0

5 : 2 = 2 sisa 1

2 : 2 = 1 sisa 0

1 : 2 = 0 sisa 1

$325_{(10)} = 101000101_{(2)}$

Konversi bilangan desimal $0,4375_{(10)}$

0,4375 . 2 = 0 sisa 0,8750

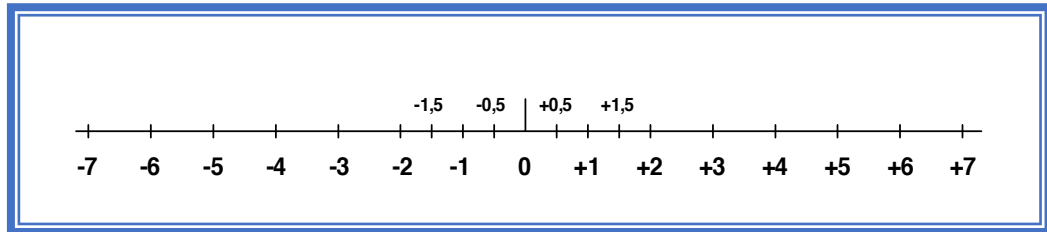
0,8750 . 2 = 1 sisa 0,7500

0,7500 . 2 = 1 sisa 0,5000

0,5000 . 2 = 1 sisa 0

E.5 Bentuk Bilangan Negatif

Dengan berpatokan pada titik 0 (nol), bilangan dapat dibedakan menjadi bilangan positip dan bilangan negatip. Disebut bilangan positip jika harga bilangan tsb. lebih besar dari nol (disebelah kanan titik nol) dan disebut

bilangan negatip jika harga bilangan tsb. lebih kecil dari nol (disebelah kiri titik nol).

Bilangan +3 terletak pada 3 skala sebelah kanan setelah nol, sedangkan bilangan -3 terletak pada 3 skala sebelah kiri setelah nol. Jadi + dan - adalah suatu tanda dari bilangan. Secara prinsip tanda positip (+) dan tanda negatip (-) berlaku juga untuk bilangan biner. Pada mikroprosessor jumlah bit data sudah tertentu yaitu 8 bit, 16 bit atau 32 bit. Kita ambil contoh mikroprosessor famili intel 8080/8085, famili Zilog Z80 dan famili motorola 6809 mempunyai 8 bit data dan dalam bentuk biner dapat dituliskan sbb: $00000000_{(2)} = 0_{(10)}$ sampai $11111111_{(2)} = 255_{(10)}$, tanpa menghiraukan tanda positip dan negatip. Jika dalam 8 bit data kita menghiraukan tanda positip dan tanda negatip, maka daerah bilangan di atas dibagi menjadi dua bagian sehingga bilangan tersebut menjadi +127 dan -128. Untuk daerah positip bilangan dimulai dari $00000000_{(2)}$ dan $00000001_{(2)}$ sampai bilangan maksimum positip adalah $01111111_{(2)}$ sedangkan daerah negatip dimulai dari $11111111_{(2)}$ untuk $-1_{(10)}$ sampai $10000000_{(2)}$ untuk $-128_{(10)}$, tetapi range 8 bit data masih sama yaitu 255_{10} (dari +127 hingga -128).

Di bawah ini menunjukkan susunan 8 bit data dengan menghiraukan tanda (+) dan (-).

Desimal	Biner	
+127	01111111	
+126	01111110	
+125	01111101	
+124	01111100	
+123	01111011	
....	....	Daerah Positip Bilangan: 0 sampai (2^{n-1}-1)
+ 7	00000111	
+ 6	00000110	
+ 5	00000101	
+ 4	00000100	
+ 3	00000011	
+ 2	00000010	
+ 1	00000001	
0	00000000	
- 1	11111111	
- 2	11111110	
- 3	11111101	
- 4	11111100	
- 5	11111011	
- 6	11111010	
- 7	11111001	
- 8	11111000	
....	....	Daerah Negatip Bilangan: -1 sampai - 2^{n-1}
- 124	10000100	
- 125	10000011	
- 126	10000010	
- 127	10000001	
- 128	10000000	

n = jumlah bit, dalam contoh di atas adalah 8

Pada susunan ini tempat tertinggi atau disebut Most Significant Bit (2^7), hanya digunakan sebagai Bit tanda. Untuk harga 0 pada bit 2^7 adalah tanda bilangan positip sedangkan harga 1 pada bit 2^7 merupakan tanda bilangan negatip.

3.4.3 Rangkuman Sistem Bilangan

3.4.4 Tugas

<table>
<tr>
<td>TUGAS</td>
<td>
Amati dan perhatikan sistem bilangan berikut!
<table>
<tr>
<td>1. Konversikan bilangan di bawah ini ke dalam bilangan biner
a. 1234_{10}
b. 5670_{10}
c. 2321_{10}</td>
<td>2. Konversikan bilangan di bawah ini ke dalam bilangan desimal
a. 10101010
b. 01010101
c. 11001100
d. 10011111</td>
</tr>
<tr>
<td>3. Konversikan bilangan di bawah ini ke dalam bilangan heksadesimal
a. 1780_{10}
b. 3666_{10}
c. 5230_{10}
d. 6744_{10}</td>
<td>4. Konversikan bilangan di bawah ini ke dalam bilangan desimal
a. $ABCD_{16}$
b. 2170_{16}
c. $B75F_{16}$
d. $EBED_{16}$</td>
</tr>
<tr>
<td>5. Konversikan bilangan di bawah ini ke dalam bilangan biner
a. $0,3125_{10}$
b. $0,65625_{10}$
c. $0,34375_{10}$
d. $0,140625_{10}$</td>
<td>6. Konversikan bilangan di bawah ini ke dalam bilangan biner
a. $11,625_{10}$
b. $0,6875_{10}$
c. $0,75_{10}$
d. $25,75_{10}$</td>
</tr>
<tr>
<td>7. Konversikan bilangan desimal di bawah ini ke dalam bilangan heksadesimal
a. $348,654_{10}$
b. $1784,240_{10}$</td>
<td>8. Konversikan bilangan di bawah ini ke dalam bilangan desimal
a. $010100011,001111101_{2}$
b. $4C5,2B8_{16}$</td>
</tr>
</table>
Bertanyalah kepada narasumber terhadap beberapa istilah/konsep/problem yang menjadi permasalahan.

Kumpulkan informasi dan analisislah dengan menjawab pertanyaan berikut ini:
1. Lakukan konversi bilangan seperti yang diminta!.
2. Buatlah resume dan dokumentasikan dalam bentuk laporan.
</td>
</tr>
<tr>
<td>PETUNJUK KERJA</td>
<td>
1. Tugas dikerjakan secara berkelompok, pilih ketua dan sekretaris.
2. Rencanakan persiapan untuk presentasi hasil diskusi kelompok dengan membuat file-powerpoint. Pilih petugas yang akan mempresentasikan di depan kelas.
3. Berdasarkan hasil diskusi kelompok, masing-masing anggota kelompok membuat laporan dan dikumpulkan kepada Guru Mapel.
</td>
</tr>
</table>

3.4.5 Tes Formatif

1. Konversikan bilangan desimal di bawah ini ke dalam bilangan biner
   a. 1234_{10}
   b. 5670_{10}
   c. 2321_{10}

2. Konversikan bilangan biner di bawah ini ke dalam bilangan desimal
   a. 10101010
   b. 01010101
   c. 11001100
   d. 10011111

6. Konversikan bilangan desimal di bawah ini ke dalam bilangan heksadesimal
   a. 1780_{10}
   b. 3666_{10}
   c. 5230_{10}
   d. 6744_{10}

7. Konversikan bilangan heksadesimal di bawah ini ke dalam bilangan desimal
   a. $ABCD_{16}$
   b. 2170_{16}
   c. $B75F_{16}$
   d. $EBED_{16}$

8. Konversikan bilangan pecahan desimal di bawah ini ke dalam bilangan biner
   a. $0,3125_{10}$
   b. $0,65625_{10}$
   c. $0,34375_{10}$
   d. $0,140625_{10}$

9. Konversikan bilangan desimal di bawah ini ke dalam bilangan biner
   a. $11,625_{10}$
   b. $0,6875_{10}$
   c. $0,75_{10}$
   d. $25,75_{10}$

10. Konversikan bilangan desimal di bawah ini ke dalam bilangan heksadesimal
    a. $348,654_{10}$
    b. $1784,240_{10}$

11. Konversikan bilangan di bawah ini ke dalam bilangan desimal
    a. $010100011,001111101_2$
    b. $4C5,2B8_{16}$

3.4.6 Lembar Jawaban Tes Formatif

3.4.7 Lembar Kerja Peserta Didik

3.5 Kegiatan Belajar 7: Konverter

3.5.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah selesai mempelajari materi ini, peserta didik dapat:

a. Mengkonversi bilangan desimal menjadi bilangan BCD dan sebaliknya
b. Mengkonversi bilangan desimal menjadi bilangan BCH dan sebaliknya
c. Menjelaskan konsep mengubah bentuk sinyal

3.5.2 Uraian Materi

BILANGAN BERKODE DAN PENGUBAH BENTUK SINYAL (KONVERTER)

A. Bilangan Dalam Bentuk Kode

Mengkonversi bilangan yang berharga besar, memerlukan hitungan yang cukup melelahkan. Melalui bilangan dalam Code Form maka pekerjaan konversi bilangan dapat dipermudah dan dipercepat. Di bawah ini adalah Code Form dalam bilangan Desimal dan bilangan Heksadesimal yang sering dipergunakan.

A.1 Bentuk BCD - Biner Code Desimal

Bilangan desimal pada setiap tempat dapat terdiri dari 10 bilangan yang berbeda-beda. Untuk bilangan biner bentuk dari 10 elemen yang berbeda beda memerlukan 4 bit. Sebuah BCD mempunyai 4 bit biner untuk setiap tempat bilangan desimal.

Contoh:

$317_{(10)}$

3	1	7	*Desimal*
0011	0001	0111	*Biner Code Desimal*

Dalam contoh ini BCD terdiri dari 3 kelompok bilangan masing-masing terdiri dari 4 bit , dan jika bilangan desimal tersebut di atas dikonversi ke dalam

bilangan biner secara langsung adalah $317_{(10)}$ = $100111101_{(2)}$ dan hanya memerlukan 9 bit. Untuk contoh proses sebaliknya dapat dilihat di bawah ini.

Contoh:

Biner Code Desimal	0101	0001	0111	0000
Desimal	5	1	7	0

Jadi bentuk BCD di atas adalah bilangan = $5170_{(10)}$.

A.2 Bentuk BCH - Biner Code Heksadesimal

Bilangan heksadesimal dalam setiap tempat dapat terdiri dari 16 bilangan yang berbeda-beda (angka dan huruf). Bentuk biner untuk 16 elemen memerlukan 4 bit. Sebuah BCH mempunyai 4 bit biner untuk setiap tempat bilangan heksadesimal.

Contoh:

$31AF_{(16)}$

Bilangan Heksadesimal	3	1	*A*	*F*
Biner Code Heksadesimal	0011	0001	1010	1111

Untuk proses sebaliknya, setiap 4 bit dikonversi ke dalam bilangan heksadesimal.

Contoh:

Biner Code Heksadesimal	1010	0110	0001	1000
Bilangan Heksadesimal	*A*	6	1	8

Jadi bentuk BCH diatas adalah bilangan = $A618_{(16)}$.

A.3 ASCII Code - American Standard Code for Information Interchange

Dalam bidang mikrokomputer ASCII-Code mempunyai arti yang sangat khusus, yaitu untuk mengkodekan karakter (Huruf, Angka dan tanda baca yang lainnya). Code-code ini merupakan code standard yang dipakai oleh sebagian besar sistem mikrokomputer. Selain huruf, angka dan tanda baca yang lain ada 32 (misal ACK, NAK dan sebagainya) merupakan kontrol untuk keperluan transportasi data. Di bawah ini adalah tabel bit ASCII Code beserta beberapa penjelasan yang diperlukan.

Tabel 2.7 Singkatan kode ASCII

Singkatan	Arti	Dalam Bahasa Inggris
STX	Awal dari text	Start of Text
ETX	Akhir dari text	End of text
ACK	Laporan balik positip	Acknowledge
NAK	Laporan balik negatip	Negative Acknowledge
CAN	Tidak berlaku	Cancel
CR	Carriage Return	Carriage Return
FF	Form Feed	Form Feed
LF	Line Feed	Line Feed
SP	Jarak	Space
DEL	Hapus	Delete

Tabel 2.8 Kode ASCII

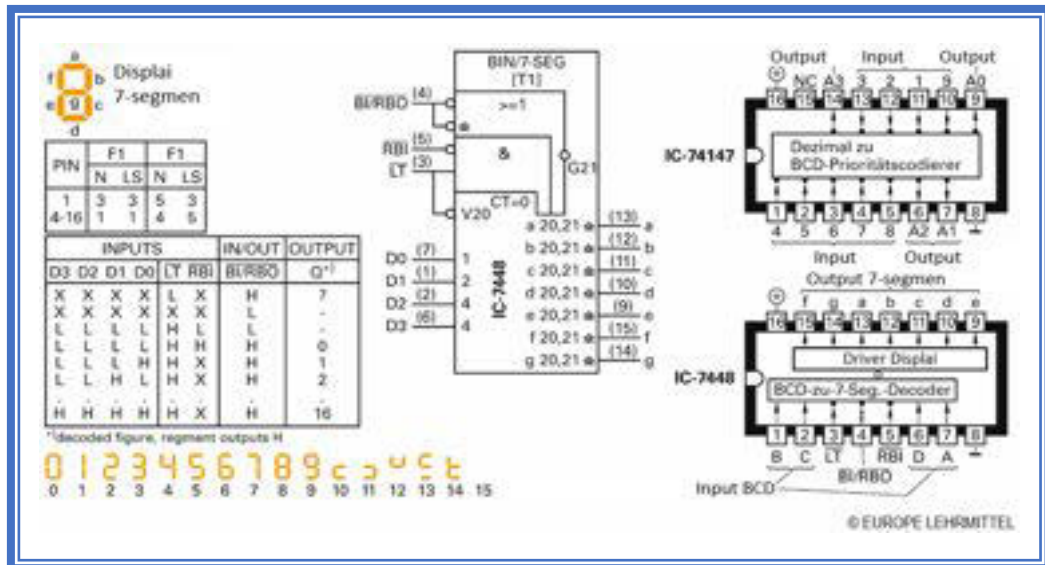
Bit	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	HEX	0	1	2	3	4	5	6	7
H (b7)									0	0	0	0	1	1	1	1
E (b6)									0	0	1	1	0	0	1	1
X (b5)									0	1	0	1	0	1	0	1
				0	0	0	0	0	NUL	DLE		0	@	P	`	p
				0	0	0	1	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
				0	0	1	0	2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
				0	0	1	1	3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
				0	1	0	0	4	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
				0	1	0	1	5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
				0	1	1	0	6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
				0	1	1	1	7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
				1	0	0	0	8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
				1	0	0	1	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
				1	0	1	0	A	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
				1	0	1	1	B	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
				1	1	0	0	C	FF	FS	,	<	L	\	l	|
				1	1	0	1	D	CR	GS	-	=	M	]	m	}
				1	1	1	0	E	SO	RS	.	>	N	^	n	~
				1	1	1	1	F	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

Contoh:

Untuk mendapatkan ASCII Code bagi karakter N adalah 100 1110 ($4E_{16}$) dengan penjelasan bahwa 100 adalah b7, b6 dan b5 yang lurus keatas terhadap huruf N dan dan berharga **4** sedangkan 1110 adalah b4, b3, b2 dan b1 yang lurus kesamping kiri terhadap huruf N dan berharga **E**.

A.4 Pengubah Kode

Pengubah kode mengkonversi, misal informasi dalam kode desimal menjadi kode lain, seperti BCD (binary coded desimal). Pengubah kode secara komersial untuk kepentingan ini tersedia sebagai IC. Gambar dibawah menunjukkan IC 74147. IC ini dapat, antara lain, digunakan sebagai pengubah desimal-BCD. D1 sampai D9 adalah input, A0 sampai A3 adalah output. IC 7442

mengubah kode standar BCD dengan 4 bit ke angka desimal dari 0 sampai 9. Angka desimal dalam Teknik displaikan melalui 7-segmen (segmen a sampai g). Untuk mengontrolnya dibutuhkan dekoder BCD-7-Segment. IC-7448 adalah salah satu modul tersebut.

Gambar 2.39 Berbagai IC

B. Pengubah Bentuk Sinyal

Banyak kuantitas fisik seperti suhu, tekanan, atau waktu sebagian besar terjadi dalam bentuk analog. Ukuran dan bentuk dari sinyal-sinyal ini harus disesuaikan dengan tingkat digital teknologi prosesor, sistem komputer, PLC, agar sinyal dapat diproses. Di sisi lain, sangat banyak informasi dalam bentuk digital, yang berada dalam bentuk lebih sederhana untuk disimpan daripada sinyal analog. Dengan demikian agar sinyal digital dapat ditafsirkan, maka sinyal digital harus dikonversi kembali ke sinyal analog seperti tegangan atau arus.

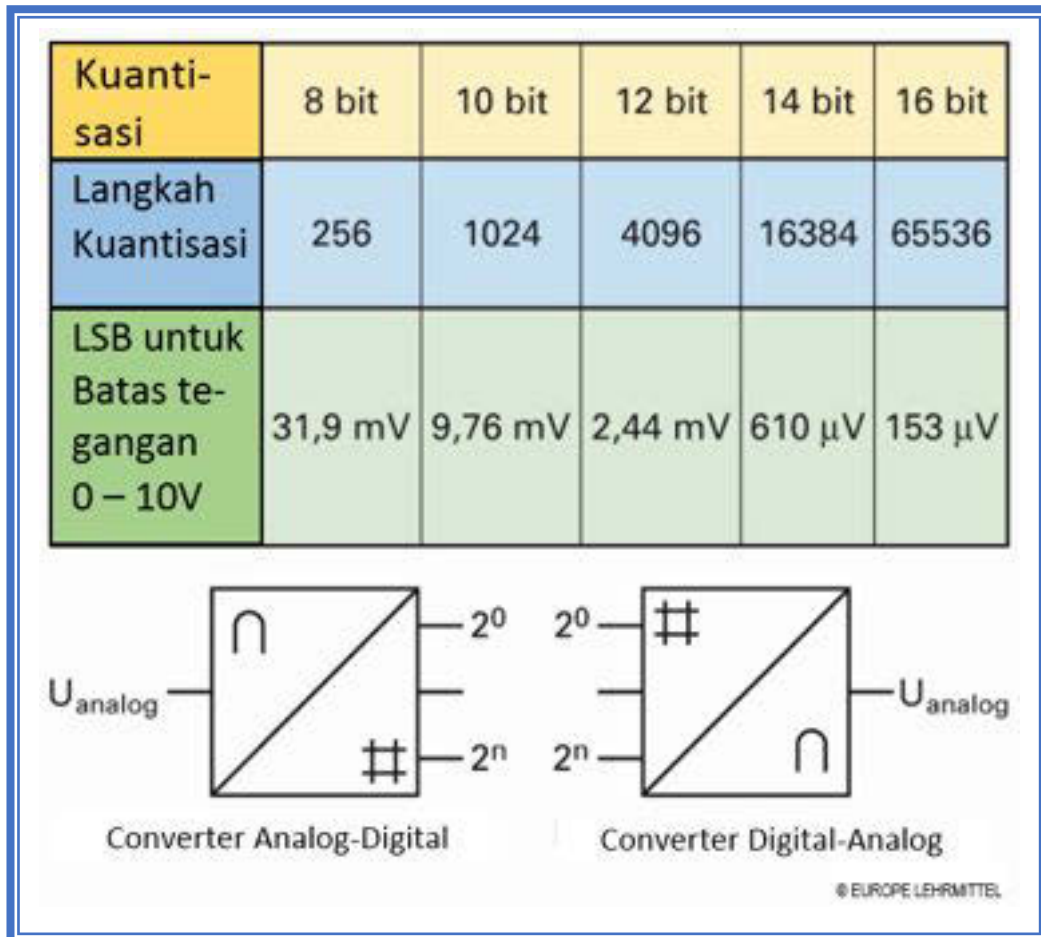
Pengubah (converter) analog-ke-digital digunakan dalam deteksi sinyal. Mengubah sinyal analog ke sinyal digital. Converter digital-to-analog mengatur sinyal digital menjadi analog. Converter ini sering digunakan dalam sinyal output. Sebuah sinyal analog, sinyal tegangan terdiri dari banyak nilai-nilai individual. Untuk mendigitalkan sinyal ini, setiap nilai tegangan harus diberi label kode sendiri. Secara teknis pengeluaran untuk sebuah konverter analogi-to-digital akan terlalu mahal. Dengan demikian, untuk seluruh rentang tegangan pada

sinyal keluaran, dibagi menjadi langkah-langkah yang terpisah, yang dikatakan terkuantisasi.

Kuanti-sasi	8 bit	10 bit	12 bit	14 bit	16 bit
Langkah Kuantisasi	256	1024	4096	16384	65536
LSB untuk Batas te-gangan 0 – 10V	31,9 mV	9,76 mV	2,44 mV	610 μV	153 μV

U_{analog} 2^0 2^n Converter Analog-Digital

2^0 2^n U_{analog} Converter Digital-Analog

© EUROPE LEHRMITTEL

Gambar 2.40 Converter Sinyal

Sinyal analog dikuantisasi dalam amplitudonya. Nilai terkecil amplitudo yang dapat dibedakan disebut LSB (Least Significant Bit). Dari tabel pada gambar diatas, menunjukkan bahwa semakin banyak bit dikuantisasi dari batas tegangan yang tersedia, semakin kecil pula LSB.

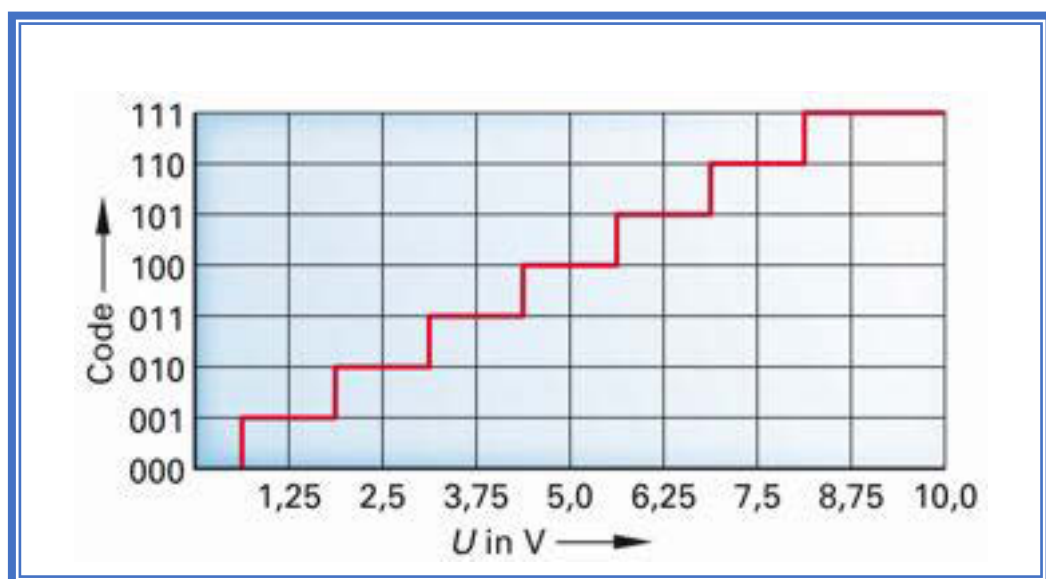
Contoh:

Batas tegangan dari 0V sampai 10V akan digitalisasi dengan converter AD 3-Bit.

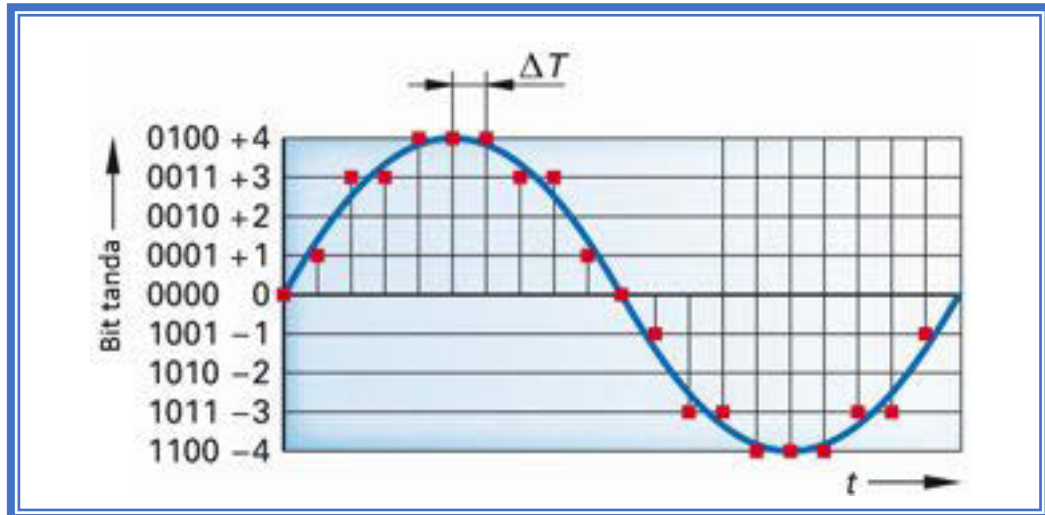
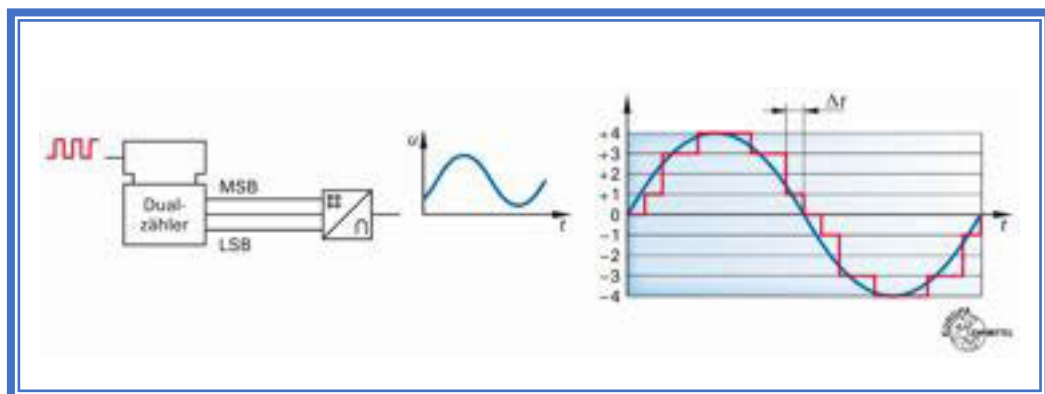
Penyelesaian:

Dengan 3 Bit, terdapat 8 kombinasi bit yang berbeda. Bit LSB sesuai dengan nilai tegangan:

$$\frac{10\,V}{2^3} = \frac{10\,V}{8} = 1{,}25\,V$$

Setiap kelipatan 1,25 V diberikan sebuah kata-kode 3 digit. Jadi karakteristik konversi muncul dalam bentuk kurva langkah (Gambar 2.41) untuk rentang tegangan 10V.

Gambar 2.41 AD-Converter 3-Bit

Digital-to-analog converter (DAC) mengubah data-kata biner, biasanya bilangan biner, ke dalam besaran analog, tegangan atau arus. Bilangan biner yang dikeluarkan counter biner diproses konverter DA, selanjutnya sinyal analog untuk setiap keadaan counter, dibentuk sesuai tegangan output Ua (Gambar 2.42). Karena perubahan tahapan dari bilangan biner juga tegangan output

hanya dapat secara bertahap dengan satu tahapan-tegangan yang lain (Gambar 2.43).

Gambar 2.42 AD-Converter sebuah tegangan AC. MSB adalah bit terdepan

Gambar 2.43 DA-Converter sebuah data-kata dalam tegangan AC berbentuk sinus

3.5.3 Rangkuman

b. Sinyal ….

3.5.4 Tugas

TUGAS	Amati dan perhatikan gambar timer berikut! Bertanyalah kepada narasumber terhadap beberapa istilah/konsep/problem yang menjadi permasalahan. Kumpulkan informasi dan analisislah dengan menjawab pertanyaan berikut ini: 1. Jika nilai seting suhu 399°C adalah angka berkode-BCD, berapakah angka binernya? 2. Jelaskan cara konversinya! 3. Buatlah resume dan dokumentasikan dalam bentuk laporan.
PETUNJUK KERJA	1. Tugas dikerjakan secara berkelompok, pilih ketua dan sekretaris. 2. Rencanakan persiapan untuk presentasi hasil diskusi kelompok dengan membuat file-powerpoint. Pilih petugas yang akan mempresentasikan di depan kelas. 3. Berdasarkan hasil diskusi kelompok, masing-masing anggota kelompok membuat laporan dan dikumpulkan kepada Guru Mapel.

3.5.5 Tes Formatif

1. Rubahlah bilangan biner di bawah ini ke dalam bentuk BCD
   a. 10100110000111_2
   b. 1010101100011_2

2. Rubahlah bentuk BCD di bawah ini ke dalam bilangan biner
   a. 1987
   b. 2346
   c. 501

3. Rubahlah bilangan biner di bawah ini ke dalam BCH
   a. 11111101001_2
   b. $101110\ 010100_2$
   c. 1100000010_2

4. Rubahlah bilangan biner di bawah ini ke dalam BCH
   a. 1101111100101110_2
   b. 110100110000001_2

5. Rubahlah Bentuk BCH di bawah ini ke dalam bilangan heksadesimal
   a. F0DE
   b. 1CAB
   c. 834

6. Nyatakan ASCII Code di bawah ini dalam bentuk karakter
   a. 41_{16}
   b. $5A_{16}$
   c. 24_{16}
   d. 77_{16}

7. Nyatakan Karakter di bawah ini dalam ASCII Code
   a. a
   b. x
   c. m
   d. H

8. Dengan Keyboard standard ASCII, pada layar monitor nampak tulisan sebagai berikut

   PRINT X

   Nyatakan Keluaran pada Keyboard tersebut.

9. Untuk apa converter BCD-7-segmen digunakan?
10. Untuk sinyal apa converter dibutuhkan? Berikan contoh masing-masing!
11. Berbagai tegangan 20 V dengan 4 bit digital. Kembangkan diagram yang sesuai.

3.5.6 Lembar Jawaban Tes Formatif

3.5.7 Lembar Kerja Peserta Didik

BAB IV
RANGKAIAN KONTROL

4.1 Kegiatan Belajar 8: Desain Rangkaian Kontrol

4.1.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah selesai mempelajari materi ini, peserta didik dapat:

a. Membuat persamaan fungsi bentuk normal disjunktif berdasarkan diagram pulsa/diagram waktu dan tabel fungsi/tabel kebenaran
b. Membuat persamaan fungsi bentuk normal konjunktif berdasarkan diagram pulsa/diagram waktu dan tabel fungsi/tabel kebenaran
c. Menyederhanakan persamaan fungsi berdasarkan hukum-hukum yang berlaku
d. Meminimisasi rangkaian logika dengan diagram Karnaugh-Veitch
e. Menganalisa rangkaian logika
f. Membuat rangkaian logika dengan rangkaian elektronik

4.1.2 Uraian Materi

RANGKAIAN KONTROL

A. Merancang Rangkaian Logika

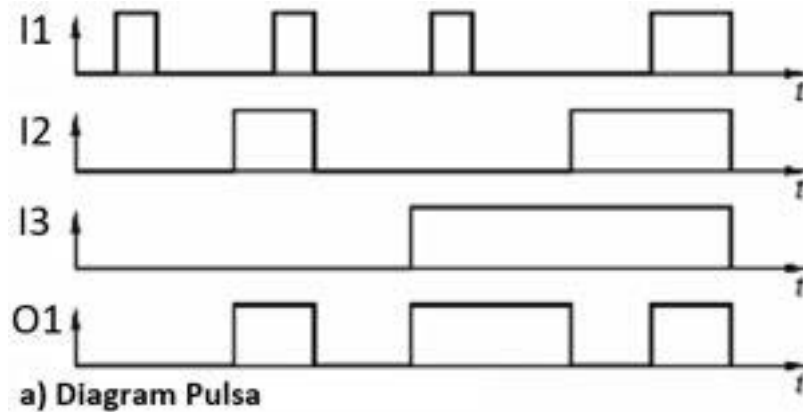
Rangkaian Digital digunakan untuk menampilkan mengirim dan memproses informasi data menggunakan bilangan (biner). Hampir semua rangkaian digital direncanakan untuk beroperasi pada dua pernyataan dan berbentuk gelombang kotak (pulsa). Pernyataan itu adalah benar/tidak benar atau benar/salah. Pernyataan benar/tidak benar atau benar/salah merupakan dua keadaan dengan adanya dua keadaan/kondisi itu, maka pernyataan itu disebut dengan sistem duaan atau biner.

Persamaan fungsi dibentuk berdasarkan tabel fungsi. Persamaan fungsi secara keseluruhan dapat diperoleh dalam bentuk normal disjungtif dan bentuk normal konjungtif. Bentuk normal Disjungtif dibentuk melalui logika OR dari semua persamaan logika dimana O1 = 1.

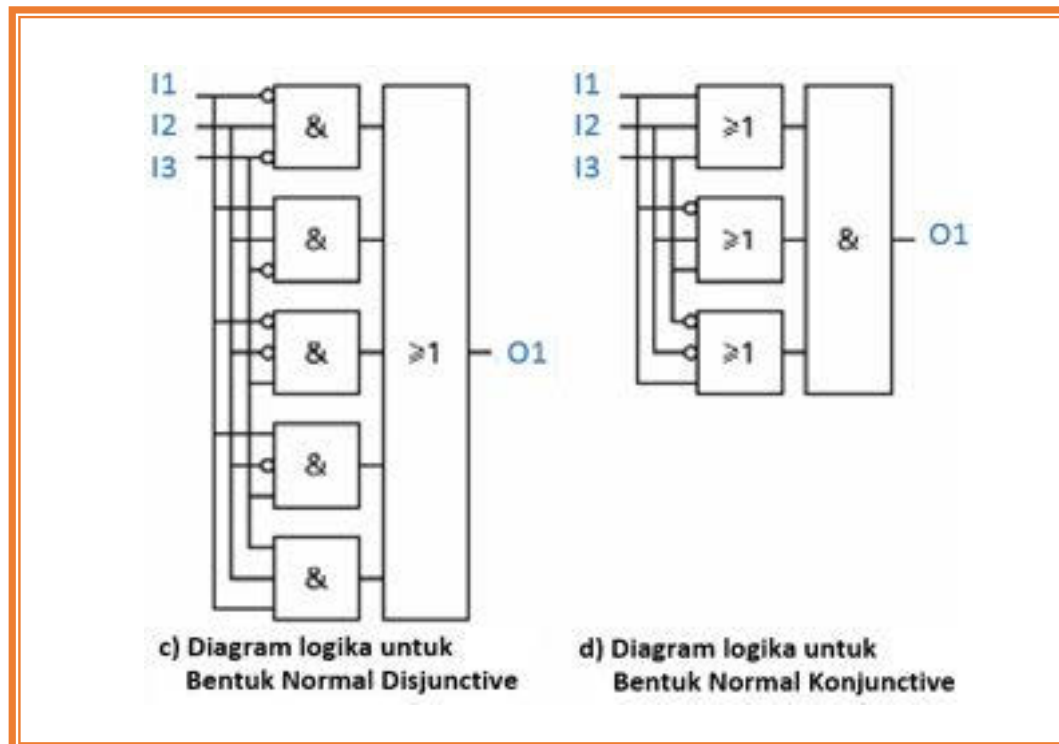
Contoh:

Sebuah kontrol dengan sinyal pada input berturut-turut I1, I2 dan I3 seperti gambar diagram pulsa dibawah. Operasi logika manakah yang harus diberikan, sehingga urutan pulsa yang dibutuhkan terjadi pada output O1?

Penyelesaian:

1. Pindahkan diagram pulsa ke dalam tabel fungsi.
2. Bangun persamaan logika untuk setiap baris di mana nilai O1 memiliki logika "1".

a) Diagram Pulsa

I3	I2	I1	O1	Persamaan Logika
0	0	0	0	
0	0	1	0	
0	1	0	1	$O1=\overline{I1}\wedge I2\wedge \overline{I3}$
0	1	1	1	$O1=I1\wedge I2\wedge \overline{I3}$
1	0	0	1	$O1=\overline{I1}\wedge \overline{I2}\wedge I3$
1	0	1	1	$O1=I1\wedge \overline{I2}\wedge I3$
1	1	0	0	
1	1	1	1	$O1=I1\wedge I2\wedge I3$

b) Tabel Fungsi

Gambar 3.1 Desain Sirkit: a) Diagram pulsa; b) Tabel fungsi; dan c) Hubungan

Berdasarkan tabel fungsi, maka diperoleh persamaan fungsi sebagai berikut:

Persamaan Fungsi Bentuk Normal DISJUNGTIF

$$O1 = (\overline{I1} \wedge I2 \wedge \overline{I3}) \vee (I1 \wedge I2 \wedge \overline{I3}) \vee (\overline{I1} \wedge \overline{I2} \wedge I3) \vee (I1 \wedge \overline{I2} \wedge I3) \vee (I1 \wedge I2 \wedge I3)$$

Tanda kurung untuk membantu mempermudah, sekalipun tanpa tanda kurungpun tidak masalah, karena AND memiliki prioritas yang lebih tinggi daripada OR.

Kemungkinan kedua untuk menemukan persamaan fungsi menggunakan Bentuk Normal KONJUNGTIF.

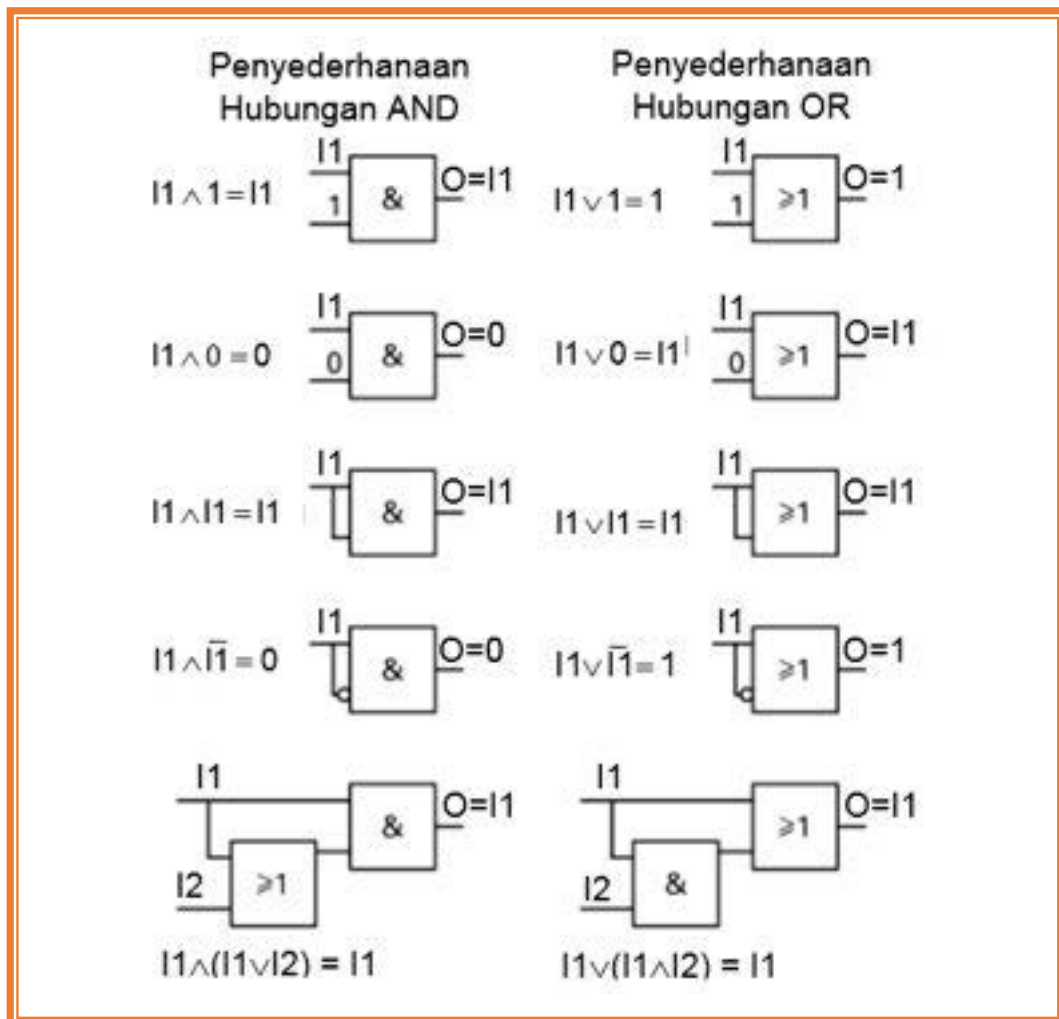
Persamaan fungsi pada setiap baris tabel fungsi untuk variabel output dengan nilai logika "0”, dihubungkan dengan logika AND. Dalam bentuk normal DISJUNGTIF, input diperiksa pada logika "1", hal ini dilakukan dalam bentuk normal KONJUNGTIF pada logika "0".

Persamaan Fungsi Bentuk Normal KONJUNGTIF

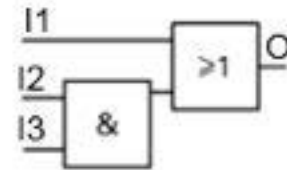
$$O1 = (I1 \vee I2 \vee I3) \wedge (\overline{I1} \vee I2 \vee I3) \wedge (I1 \vee \overline{I2} \vee \overline{I3})$$

B. Penyederhanaan Persamaan Fungsi

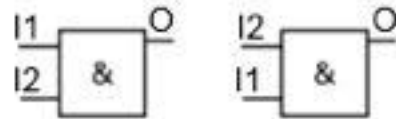
Persamaan fungsi diatas (Bentuk Normal Disjungtif) bukanlah merupakan bentuk yang paling sederhana/minimal. Secara umum, pengembangan sirkuit logika tidak selalu secara langsung menghasilkan bentuk minimal. Seringkali, sirkuit logika dapat direalisasikan dengan substansi sambungan logika yang lebih sederhana. Untuk keperluan ini digunakan aljabar Boolean dan diagram Karnaugh-Veitch (KV-diagram).

Tabel 3.1 Aturan Aljabar Boolean

Hukum Aljabar Boolean

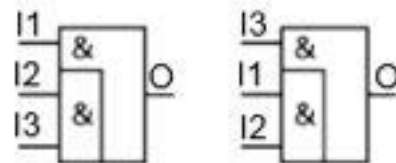
AND lebih tinggi dari OR

$I1 \lor I2 \land I3 = I1 \lor (I2 \land I3)$

Hukum Komutatif

$I1 \land I2 = I2 \land I1$

$I1 \lor I2 = I2 \lor I1$

Hukum Assosiatif

$I1 \land (I2 \land I3) = (I1 \land I2) \land I3$

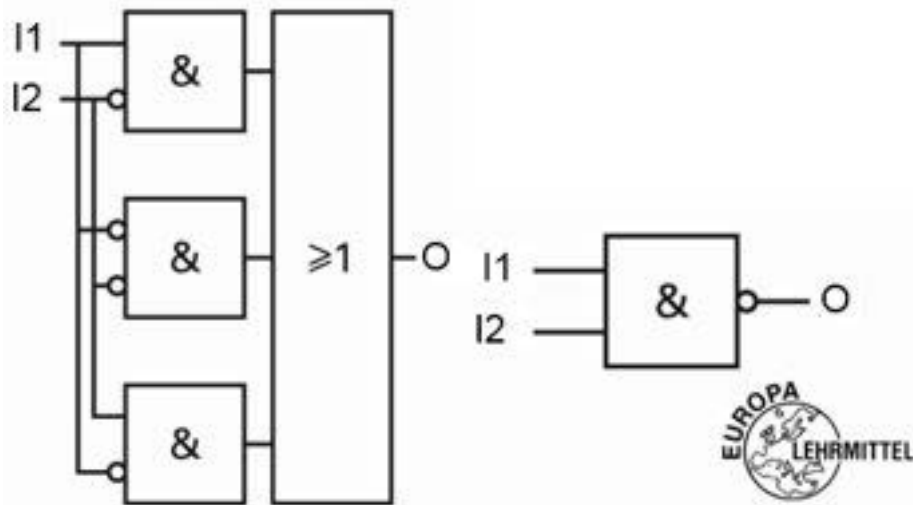
$I1 \lor (I2 \lor I3) = (I1 \lor I2) \lor I3$

Hukum Distributif

$(I1 \land I2) \lor (I1 \land I3) = I1 \land (I2 \lor I3)$

$(I1 \lor I2) \land (I1 \lor I3) = I1 \lor (I2 \land I3)$

Contoh 1: Sederhanakan persamaan fungsi berikut ini:

$O = I1 \wedge \overline{I2} \vee \overline{I1} \wedge \overline{I2} \vee \overline{I1} \wedge I2$	$\overline{I2}$ disendirikan (berlaku hukum Distributif)
$O = \overline{I2} \wedge (I1 \vee \overline{I1}) \vee \overline{I1} \wedge I2$	Penyederhanaan hubungan OR ($I1 \vee \overline{I1}$)=1
$O = \overline{I2} \wedge 1 \vee \overline{I1} \wedge I2$	Penyederhanaan $\overline{I2} \wedge 1 = \overline{I2}$
$O = \overline{I2} \vee \overline{I1} \wedge I2$	$\overline{I2} \vee (\overline{I1} \wedge I2)$ $(\overline{I2}$ *disendirikan*$)$, hukum distributif
$O = (\overline{I2} \vee \overline{I1}) \wedge (\overline{I2} \vee I2)$	Penyederhanaan hubungan OR ($I2 \vee \overline{I2}$)=1
$O = (\overline{I2} \vee \overline{I1}) \wedge 1$	Penyederhanaan $\overline{I1} \wedge 1 = \overline{I1}$
$O = \overline{I2} \vee \overline{I1} = \overline{\overline{\overline{I2} \vee \overline{I1}}}$	Berlaku hukum De Morgan
$O = \overline{\overline{\overline{I2} \vee \overline{I1}}} = \overline{\overline{\overline{I2}} \wedge \overline{\overline{I1}}} = \overline{I2 \wedge I1}$	De Morgan (dobel negasi)
$O = \overline{I2 \wedge I1} = \overline{I1 \wedge I2}$	Hukum Komutatif

Diagram Logika:

Gambar 3.2 Penyederhanaan hubungan logika

Contoh 2:

Tulis dan sederhanakan persamaan fungsi dari fungsi AND berikut ini, kemudian gambarkan diagram logikanya:

<table>
<tr><th>I1</th><th>I2</th><th>O</th><th>Persamaan</th><th>Persamaan Fungsi AND</th></tr>
<tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>$\overline{O} = \overline{I1} \wedge \overline{I2}$</td><td rowspan="4">Bentuk Normal Disjungtif:
$O = I1 \wedge I2$
$\overline{O} = \left(\overline{I1} \wedge \overline{I2}\right) \vee \left(I1 \wedge \overline{I2}\right) \vee \left(\overline{I1} \wedge I2\right)$
Bentuk Normal Konjungtif:
$O = (I1 \vee I2) \wedge \left(I1 \vee \overline{I2}\right) \wedge \left(\overline{I1} \vee I2\right)$</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>$\overline{O} = \overline{I1} \wedge I2$</td></tr>
<tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>$\overline{O} = I1 \wedge \overline{I2}$</td></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>$O = I1 \wedge I2$</td></tr>
</table>

Sederhanakan persamaan :

$$\overline{O} = \left(\overline{I1} \wedge \overline{I2}\right) \vee \left(I1 \wedge \overline{I2}\right) \vee \left(\overline{I1} \wedge I2\right)$$

Penyelesaian :

Misal: I1=a, I2=b, dan O=c, maka:

$$\overline{c} = \left(\overline{a} \wedge \overline{b}\right) \vee \left(a \wedge \overline{b}\right) \vee \left(\overline{a} \wedge b\right)$$
$$\overline{c} = \left(\overline{a}\,\overline{b}\right) \vee \left(a\overline{b}\right) \vee \left(\overline{a}b\right)$$
$$\overline{c} = \overline{b}\left(\overline{a} \vee a\right) \vee \left(\overline{a}b\right)$$
$$\overline{c} = \overline{b} \vee \left(\overline{a}b\right)$$
$$\overline{c} = \left(\overline{a} \vee \overline{b}\right)\left(\overline{b} \vee b\right)$$
$$\overline{c} = \left(\overline{a} \vee \overline{b}\right)$$
$$\overline{\overline{c}} = \overline{\left(\overline{a} \vee \overline{b}\right)}$$
$$c = a \wedge b$$

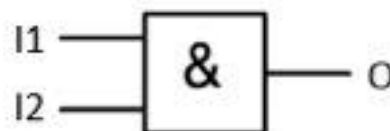
Sederhanakan persamaan :

$$O = (I1 \vee I2) \wedge \left(I1 \vee \overline{I2}\right) \wedge \left(\overline{I1} \vee I2\right)$$

Penyelesaian :

Misal: I1=a, I2=b, dan O=c, maka:

$$c = (a \vee b) \wedge \left(a \vee \overline{b}\right) \wedge \left(\overline{a} \vee b\right)$$
$$c = \left(aa \vee a\overline{b} \vee ab \vee b\overline{b}\right) \wedge \left(\overline{a} \vee b\right)$$
$$c = (a \vee a(\overline{b} \vee b) \vee 0) \wedge (\overline{a} \vee b)$$
$$c = (a \vee a) \wedge (\overline{a} \vee b)$$
$$c = a \wedge \left(\overline{a} \vee b\right)$$
$$c = \left(a\overline{a} \vee ab\right)$$
$$c = 0 \vee ab$$
$$c = a \wedge b$$

Diagram Logika AND:

Contoh 3:

Tulis dan sederhanakan persamaan fungsi dari fungsi OR berikut ini, kemudian gambarkan diagram logikanya:

I1	I2	O	Persamaan	Persamaan Fungsi OR
0	0	0	$\overline{O} = \overline{I1} \wedge \overline{I2}$	Bentuk Normal Disjungtif: $O = (\overline{I1} \wedge I2) \vee (I1 \wedge \overline{I2}) \vee (I1 \wedge I2)$ $\overline{O} = \overline{I1} \wedge \overline{I2}$
0	1	1	$O = \overline{I1} \wedge I2$	
1	0	1	$O = I1 \wedge \overline{I2}$	Bentuk Normal Konjungtif: $O = I1 \vee I2$
1	1	1	$O = I1 \wedge I2$	

Sederhanakan persamaan :

$$O = (\overline{I1} \wedge I2) \vee (I1 \wedge \overline{I2}) \vee (I1 \wedge I2)$$

Penyelesaian :

Misal: I1=a, I2=b, dan O=c, maka:

$$c = (\bar{a} \wedge b) \vee (a \wedge \bar{b}) \vee (a \wedge b)$$
$$c = \bar{a}b \vee a\bar{b} \vee ab$$
$$c = \bar{a}b \vee a(\bar{b} \vee b)$$
$$c = \bar{a}b \vee a$$
$$c = (\bar{a} \vee a)(b \vee a)$$
$$c = a \vee b$$

Sederhanakan persamaan :

$$\overline{O} = \overline{I1} \wedge \overline{I2}$$

Penyelesaian :

Misal: I1=a, I2=b, dan O=c, maka:

$$\bar{c} = \bar{a} \wedge \bar{b}$$
$$\bar{\bar{c}} = \overline{\bar{a} \wedge \bar{b}}$$
$$c = a \vee b$$

Diagram Logika OR:

Contoh 4:

Tulis dan sederhanakan persamaan fungsi dari fungsi NAND berikut ini, kemudian gambarkan diagram logikanya:

I1	I2	O	Persamaan	Persamaan Fungsi NAND
0	0	1	$O = \overline{I1} \wedge \overline{I2}$	Bentuk Normal Disjungtif: $O = (\overline{I1} \wedge \overline{I2}) \vee (\overline{I1} \wedge I2) \vee (I1 \wedge \overline{I2})$
0	1	1	$O = \overline{I1} \wedge I2$	$\overline{O} = I1 \wedge I2$
1	0	1	$O = I1 \wedge \overline{I2}$	Bentuk Normal Konjungtif:
1	1	0	$\overline{O} = I1 \wedge I2$	$O = \overline{I1} \vee \overline{I2}$

Sederhanakan persamaan :

$$O = (\overline{I1} \wedge \overline{I2}) \vee (\overline{I1} \wedge I2) \vee (I1 \wedge \overline{I2})$$

Penyelesaian :

Misal: I1=a, I2=b, dan O=c, maka:

$$c = \left(\overline{a} \wedge \overline{b}\right) \vee \left(\overline{a} \wedge b\right) \vee \left(a \wedge \overline{b}\right)$$
$$c = \overline{a}\,\overline{b} \vee \overline{a}b \vee a\overline{b}$$
$$c = \overline{a}(\overline{b} \vee b) \vee a\overline{b}$$
$$c = \overline{a} \vee a\overline{b}$$
$$c = \left(\overline{a} \vee a\right)\left(\overline{a} \vee \overline{b}\right)$$
$$c = \overline{a} \vee \overline{b}$$

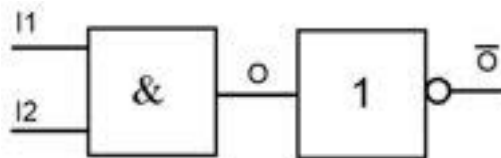
Sederhanakan persamaan :

$$\overline{O} = I1 \wedge I2$$

Penyelesaian :

Misal: I1=a, I2=b, dan O=c, maka:

$$\overline{c} = a \wedge b$$
$$\overline{\overline{c}} = \overline{a \wedge b}$$
$$c = \overline{a} \vee \overline{b}$$

Diagram Logika NAND:

Contoh 5:

Tulis dan sederhanakan persamaan fungsi dari fungsi NOR berikut ini, kemudian gambarkan diagram logikanya:

<table>
<tr><th>I1</th><th>I2</th><th>O</th><th>Persamaan</th><th>Persamaan Fungsi NOR</th></tr>
<tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>$O = \overline{I1} \wedge \overline{I2}$</td><td rowspan="4">Bentuk Normal Disjungtif:
$O = \overline{I1} \wedge \overline{I2}$
$\overline{O} = (\overline{I1} \wedge I2) \vee (I1 \wedge \overline{I2}) \vee (I1 \wedge I2)$
Bentuk Normal Konjungtif:
$O = (I1 \vee \overline{I2}) \wedge (\overline{I1} \vee I2) \wedge (\overline{I1} \vee \overline{I2})$</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>$\overline{O} = \overline{I1} \wedge I2$</td></tr>
<tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>$\overline{O} = I1 \wedge \overline{I2}$</td></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>$\overline{O} = I1 \wedge I2$</td></tr>
</table>

Sederhanakan persamaan :

$$\overline{O} = (\overline{I1} \wedge I2) \vee (I1 \wedge \overline{I2}) \vee (I1 \wedge I2)$$

Penyelesaian :

Misal: I1=a, I2=b, dan O=c, maka:

$$\overline{c} = (\overline{a} \wedge b) \vee (a \wedge \overline{b}) \vee (a \wedge b)$$
$$\overline{c} = \overline{a}b \vee a\overline{b} \vee ab$$
$$\overline{c} = \overline{a}b \vee a(\overline{b} \vee b)$$
$$\overline{c} = (\overline{a} \vee a)(b \vee a)$$
$$\overline{c} = a \vee b$$
$$\overline{\overline{c}} = \overline{a \vee b}$$
$$c = \overline{a} \wedge \overline{b}$$

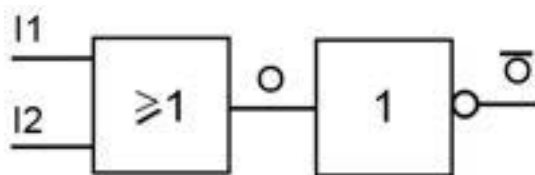
Sederhanakan persamaan :

$$O = (I1 \vee \overline{I2}) \wedge (\overline{I1} \vee I2) \wedge (\overline{I1} \vee \overline{I2})$$

Penyelesaian :

Misal: I1=a, I2=b, dan O=c, maka:

$$c = (a \vee \overline{b}) \wedge (\overline{a} \vee b) \wedge (\overline{a} \vee \overline{b})$$
$$c = (a \vee \overline{b}) \wedge \overline{a} \vee (b \wedge \overline{b})$$
$$c = (a \vee \overline{b}) \wedge \overline{a}$$
$$c = a\overline{a} \vee \overline{ab}$$
$$c = \overline{a} \wedge \overline{b}$$

Diagram Logika NOR:

Contoh 6:

Tuliskan persamaan fungsi dan gambarkan diagram logikanya dari fungsi EX-OR (Antivalence) berikut ini:

I1	I2	O	Persamaan	Persamaan Fungsi EX-OR (Antivalence)
0	0	0	$\overline{O} = \overline{I1} \wedge \overline{I2}$	Bentuk Normal Disjungtif:
0	1	1	$O = \overline{I1} \wedge I2$	$O = (\overline{I1} \wedge I2) \vee (I1 \wedge \overline{I2})$
1	0	1	$O = I1 \wedge \overline{I2}$	$\overline{O} = (\overline{I1} \wedge \overline{I2}) \vee (I1 \wedge I2)$
1	1	0	$\overline{O} = I1 \wedge I2$	Bentuk Normal Konjungtif: $O = (I1 \vee I2) \wedge (\overline{I1} \vee \overline{I2})$

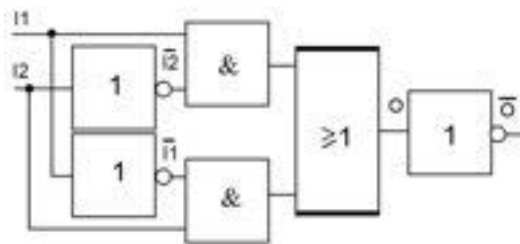
Diagram Logika EX-OR (Antivalence):
Bentuk Normal Disjungtif

Diagram Logika EX-OR (Antivalence):
Bentuk Normal Konjungtif $O = (I1 \vee I2) \wedge (\overline{I1} \vee \overline{I2})$

Contoh 7:

Tuliskan persamaan fungsi dan gambarkan diagram logikanya dari fungsi EX-OR (Equivalence) berikut ini:

I1	I2	O	Persamaan	Persamaan Fungsi EX-OR (Equivalence)
0	0	1	$O = \overline{I1} \wedge \overline{I2}$	Bentuk Normal Disjungtif:
0	1	0	$\overline{O} = \overline{I1} \wedge I2$	$\overline{O} = (\overline{I1} \wedge I2) \vee (I1 \wedge \overline{I2})$
1	0	0	$\overline{O} = I1 \wedge \overline{I2}$	$O = (\overline{I1} \wedge \overline{I2}) \vee (I1 \wedge I2)$
1	1	1	$O = I1 \wedge I2$	Bentuk Normal Konjungtif: $O = (I1 \vee \overline{I2}) \wedge (\overline{I1} \vee I2)$

Diagram Logika EX-OR (Equivalence):
Bentuk Normal Disjungtif

$\overline{O} = (\overline{I1} \wedge I2) \vee (I1 \wedge \overline{I2})$ $\quad$ $O = (\overline{I1} \wedge \overline{I2}) \vee (I1 \wedge I2)$

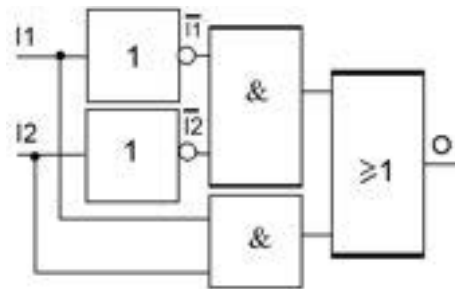
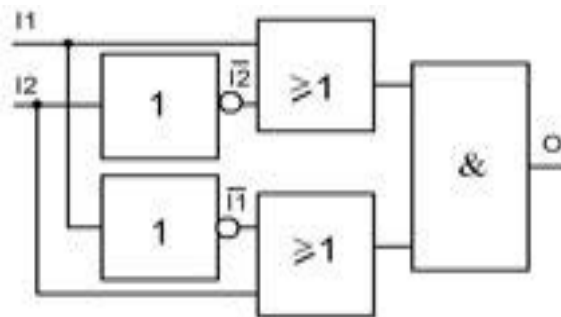



Diagram Logika EX-OR (Equivalence):

Bentuk Normal Konjungtif $\quad O = (I1 \vee \overline{I2}) \wedge (\overline{I1} \vee I2)$

Contoh 8:

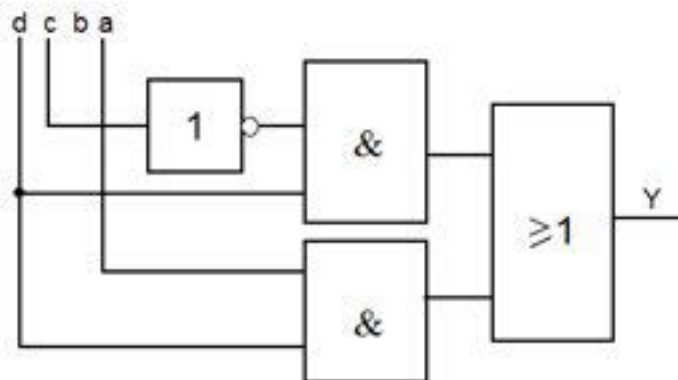
Sederhanakan persamaan fungsi berikut ini:

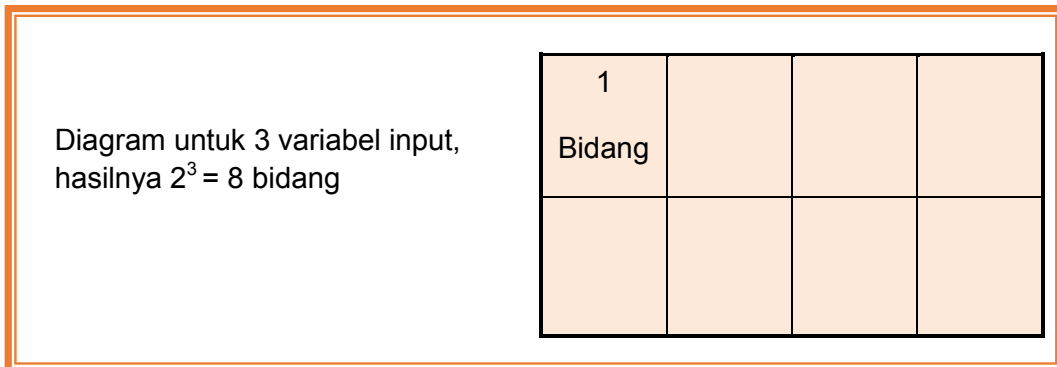
$$Y = (\bar{a} \wedge \bar{b} \wedge \bar{c} \wedge d) \vee (\bar{a} \wedge b \wedge \bar{c} \wedge d) \vee (a \wedge \bar{b} \wedge \bar{c} \wedge d) \vee$$
$$(a \wedge \bar{b} \wedge c \wedge d) \vee (a \wedge b \wedge \bar{c} \wedge d) \vee (a \wedge b \wedge c \wedge d)$$

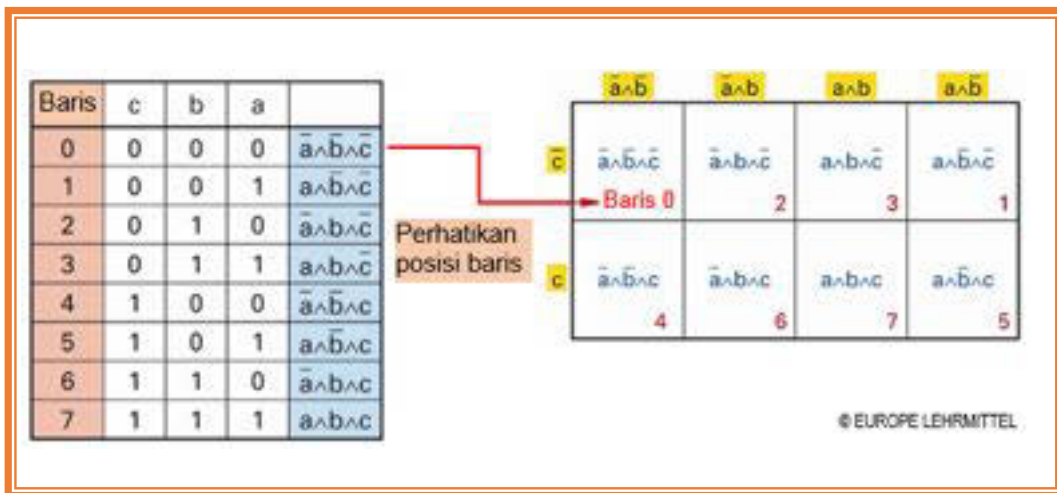
Penyelesaian:

$$Y = (\bar{a}\bar{b}\bar{c}d) \vee (\bar{a}b\bar{c}d) \vee (a\bar{b}\bar{c}d) \vee (a\bar{b}cd) \vee (ab\bar{c}d) \vee (abcd)$$
$$Y = (\bar{a}\bar{b}\bar{c}d) \vee (\bar{a}b\bar{c}d) \vee (a\bar{b}\bar{c}d) \vee (a\bar{b}cd) \vee (abd)(\bar{c} \vee c)$$
$$Y = (\bar{a}\bar{b}\bar{c}d) \vee (\bar{a}b\bar{c}d) \vee (a\bar{b}d)(\bar{c} \vee c) \vee (abd)$$
$$Y = (\bar{a}\bar{c}d)(\bar{b} \vee b) \vee (a\bar{b}d) \vee (abd)$$
$$Y = (\bar{a}\bar{c}d) \vee (a\bar{b}d) \vee (abd)$$
$$Y = (\bar{a}\bar{c}d) \vee (ad)(\bar{b} \vee b)$$
$$Y = (\bar{a}\bar{c}d) \vee (ad)$$
$$Y = (\bar{a}\bar{c} \vee a)d$$
$$Y = \{(\bar{a} \vee a)(a \vee \bar{c})\}d$$
$$Y = (\bar{c} \vee a)d$$
$$Y = \bar{c}d \vee ad$$

Diagram Logika Bentuk Normal Disjungtif:

$$Y = (\bar{a}\bar{b}\bar{c}d) \vee (\bar{a}b\bar{c}d) \vee (a\bar{b}\bar{c}d) \vee (a\bar{b}cd) \vee (ab\bar{c}d) \vee (abcd) \quad \rightarrow Y = \bar{c}d \vee ad$$

C. Minimisasi dengan diagram Karnaugh-Veitch (Diagram-KV)

Karnaugh-Veitch mengembangkan diagram yang menunjukkan bentuk normal disjungtif, dimana operasi switching dibaca lebih sederhana. Diagram berisi banyak bidang yang memiliki fungsi baris tabel. Garis-garis ini ditugaskan untuk bidang tertentu. Bidang diatur sedemikian rupa sehingga bidang yang berdekatan untuk variabel yang berbeda.

Gambar 3.3 Bidang dari panel KV

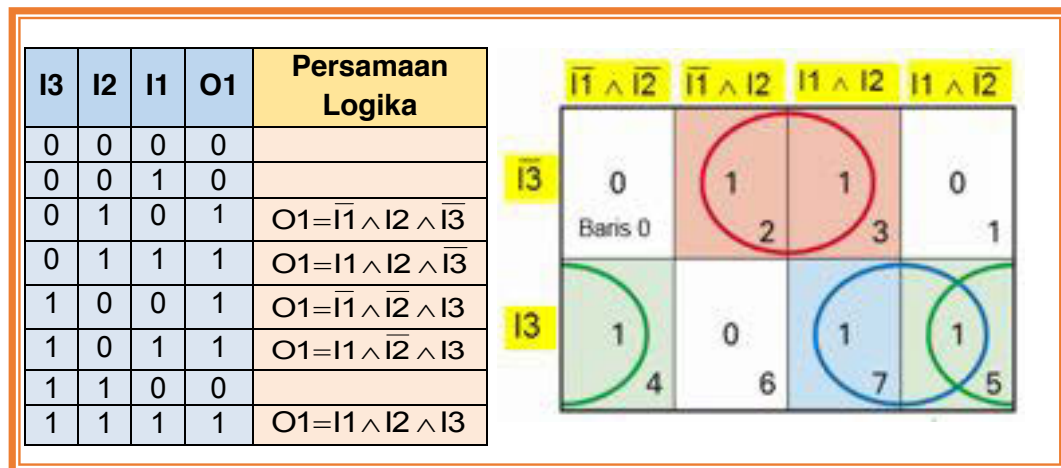
Baris	c	b	a	
0	0	0	0	$\bar{a} \wedge \bar{b} \wedge \bar{c}$
1	0	0	1	$a \wedge \bar{b} \wedge \bar{c}$
2	0	1	0	$\bar{a} \wedge b \wedge \bar{c}$
3	0	1	1	$a \wedge b \wedge \bar{c}$
4	1	0	0	$\bar{a} \wedge \bar{b} \wedge c$
5	1	0	1	$a \wedge \bar{b} \wedge c$
6	1	1	0	$\bar{a} \wedge b \wedge c$
7	1	1	1	$a \wedge b \wedge c$

Gambar 3.4 Posisi baris dalam panel KV

Contoh:

Untuk menyederhanakan Tabel Fungsi dibawah dengan diagram KV adalah sesuai prosedur berikut ini:

1. Berdasarkan jumlah baris dalam fungsi tabel, maka perlu disiapkan panel-KV dengan 8 bidang.
2. Logika variabel output O yang sesuai dimasukkan dalam bidang diagram- KV.
3. Bidang berdekatan dengan logika "1" akan diringkas dalam satu lingkaran (loop).
4. Sebuah loop dapat menjadi bidang tunggal, yaitu dua bidang, empat bidang, delapan bidang, hingga 2^n bidang selanjutnya ($n \in N$).
5. Sebuah bidang dapat dimasukkan ke dalam beberapa loop.
6. Bidang sekitarnya dapat juga menjadi berdekatan.
7. Penyederhanaan pada:
   a. Loop : $\overline{I1}\wedge I2\wedge\overline{I3}\vee I1\wedge I2\wedge\overline{I3}=I2\wedge\overline{I3}$
   b. Loop : $I1\wedge I2\wedge I3\vee I1\wedge\overline{I2}\wedge I3=I1\wedge I3$
   c. Loop : $\overline{I1}\wedge\overline{I2}\wedge I3\vee I1\wedge\overline{I2}\wedge I3=\overline{I2}\wedge I3$

I3	I2	I1	O1	Persamaan Logika
0	0	0	0	
0	0	1	0	
0	1	0	1	$O1=\overline{I1}\wedge I2\wedge\overline{I3}$
0	1	1	1	$O1=I1\wedge I2\wedge\overline{I3}$
1	0	0	1	$O1=\overline{I1}\wedge\overline{I2}\wedge I3$
1	0	1	1	$O1=I1\wedge\overline{I2}\wedge I3$
1	1	0	0	
1	1	1	1	$O1=I1\wedge I2\wedge I3$

	$\overline{I1}\wedge\overline{I2}$	$\overline{I1}\wedge I2$	$I1\wedge I2$	$I1\wedge\overline{I2}$
$\overline{I3}$	0 Baris 0	1 2	1 3	0 1
$I3$	1 4	0 6	1 7	1 5

Gambar 3.5 Penyederhanaan dengan panel KV

8. Minimisasi persamaan fungsi diperoleh dengan hubungan logika OR dari hasil tiga lingkaran (loop):

$$O1=I1\wedge I3\vee I2\wedge\overline{I3}\vee\overline{I2}\wedge I3$$

Diagram-KV Untuk 4 Variabel Input

Tempat pelintasan (*crossover*) sistem sortir akan dikendalikan oleh 4 sensor (I1 sampai I4) untuk mengarahkan aliran bahan ke stasiun pengolahan A1 dan stasiun A2. Berdasarkan diagram waktu, temukan rangkaian logika minimal untuk kedua pilihan desain tersebut.

Prosedur:

1. Pindahkan diagram waktu ke dalam tabel fungsi.
2. Masukkan tabel fungsi ke dalam diagram KV.
3. Meringkas bidang-bidang melalui pengelompokkan.
4. Membangun persamaan fungsi dengan logika OR dari hasil pengelompokkan.
5. Tampilkan persamaan dengan sirkuit logika.

Baris	I4	I3	I2	I1	O1	O2
0	0	0	0	0	1	1
1	0	0	0	1	1	1
2	0	0	1	0	0	1
3	0	0	1	1	0	1
4	0	1	0	0	1	1
5	0	1	0	1	1	1
6	0	1	1	0	0	1
7	0	1	1	1	0	1
8	1	0	0	0	0	0
9	1	0	0	1	0	0
10	1	0	1	0	1	0
11	1	0	1	1	1	0
12	1	1	0	0	0	0
13	1	1	0	1	0	1
14	1	1	1	0	1	0
15	1	1	1	1	1	0

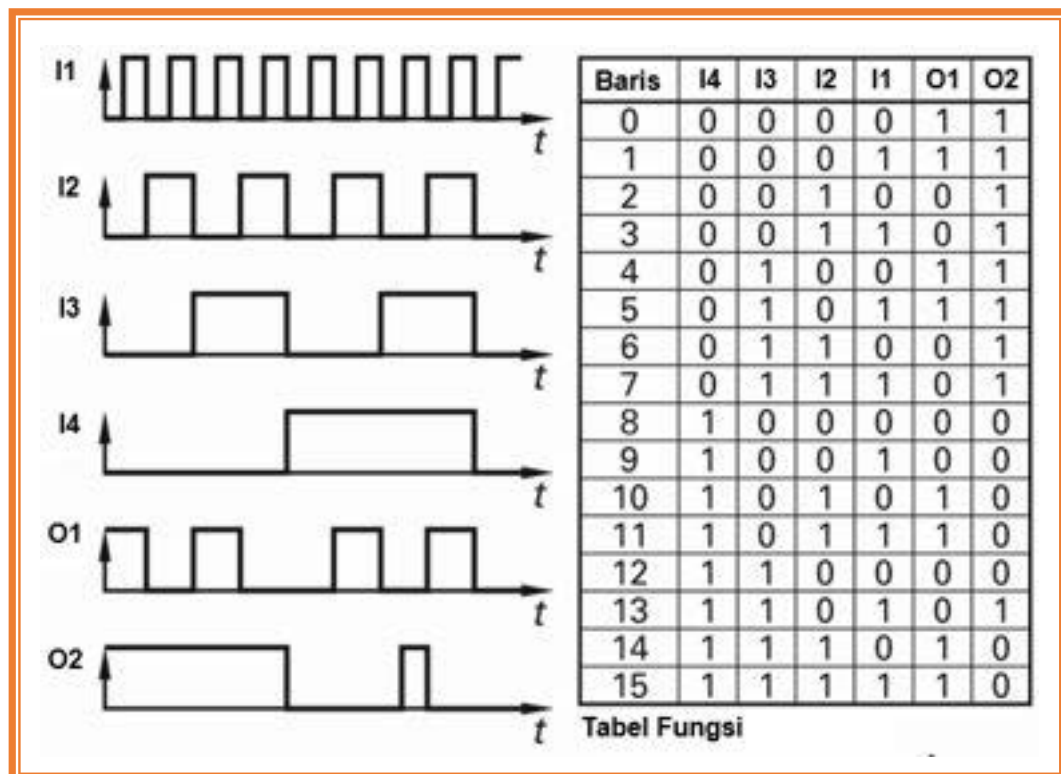
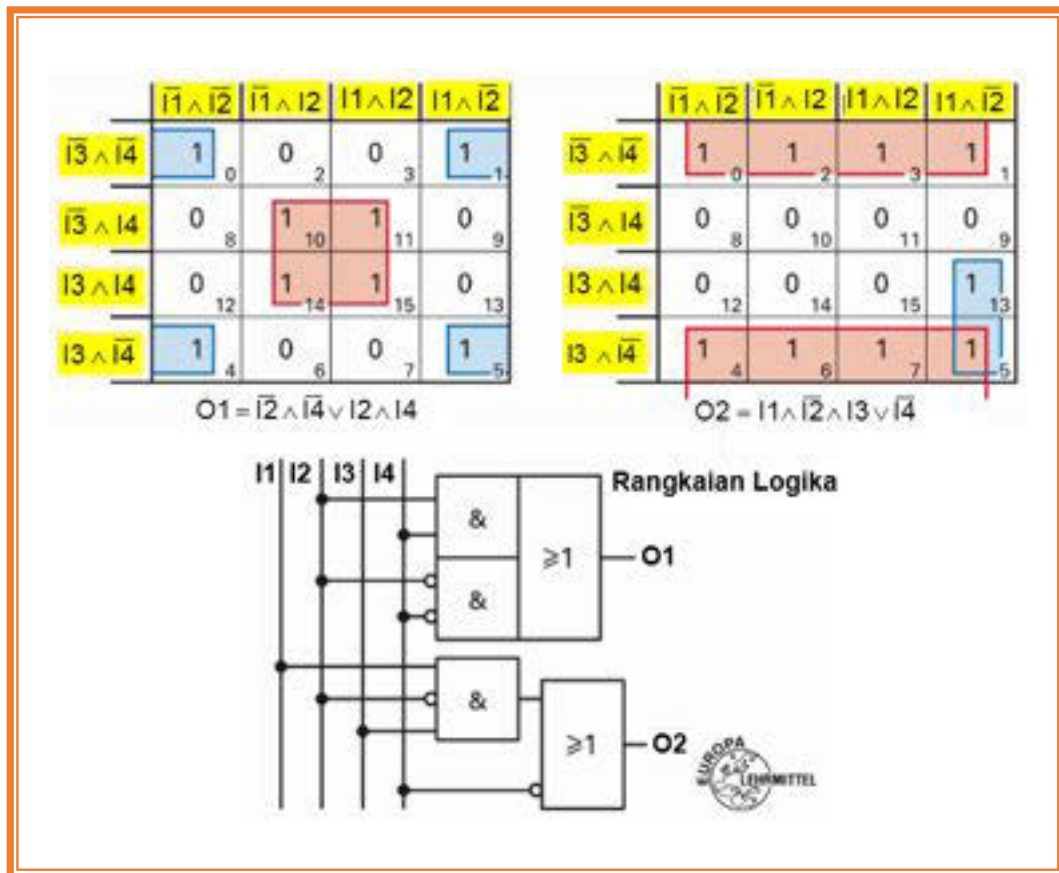
Tabel Fungsi

Gambar 3.6 Cara kerja mesin sortir

Gambar 3.7 Penyederhanaan

Diagram KV menyederhanakan dengan meringkas persamaan ketika nilai-nilai fungsi berlogika "1". Bidang tujuan pengelompokkan diusahakan sebanyak mungkin. Persamaan fungsi yang menjadi tujuan semua harus berisi nilai-nilai "1", bahkan yang tidak terletak pada satu lingkaran.

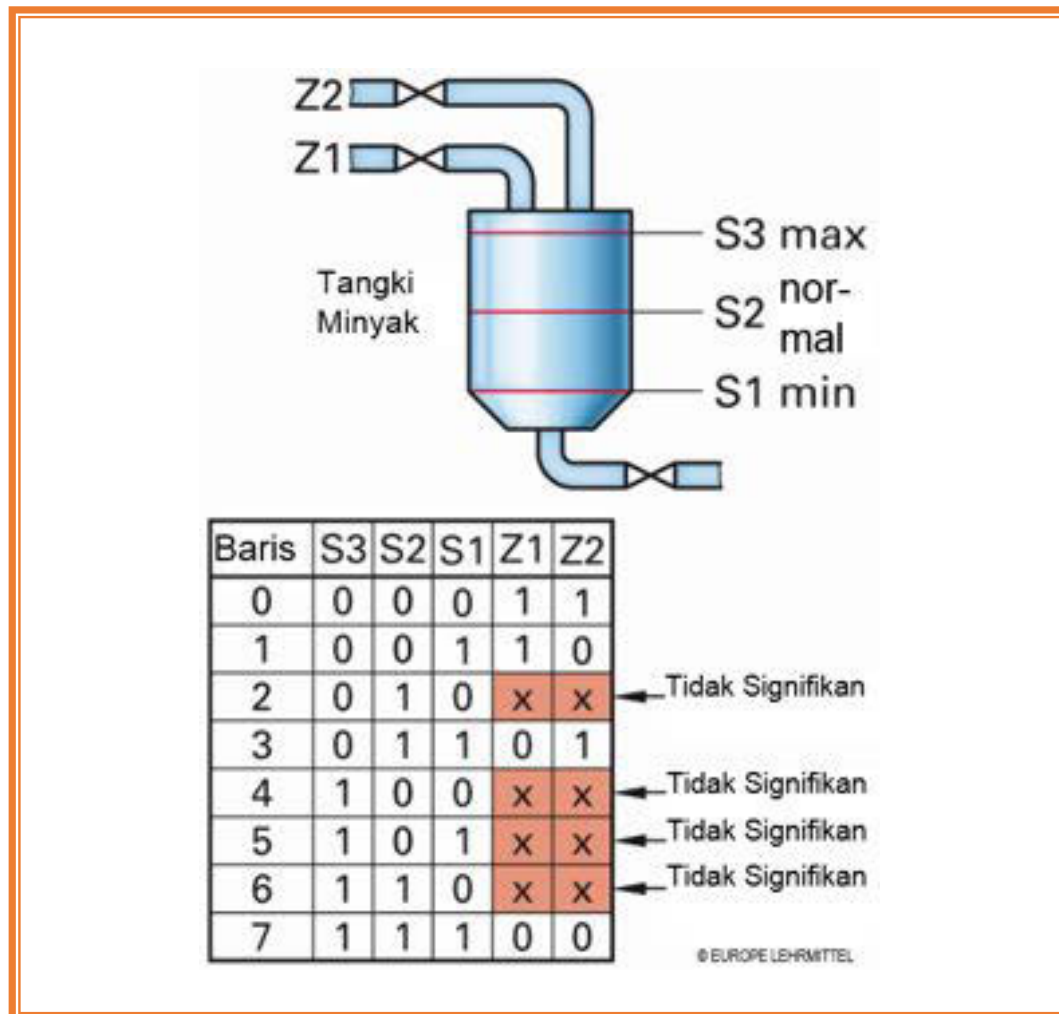
Baris Tidak Signifikan Dari Tabel Fungsi

Tangki minyak pembangkit cogeneration ini didukung oleh dua lead. Tingkat minyak minimum, normal dan maksimum dipantau oleh sensor (S1, S2, S3). Jika tingkat minyak di bawah nilai minimum, buka pasokan Z1 dan Z2. Jika nilai maksimum tercapai, Z1 dan Z2 ditutup. Jika tingkat minyak antara tinggi minimum dan normal, Z1 terbuka. Melebihi batas normal minyak mengalir melalui Z2.

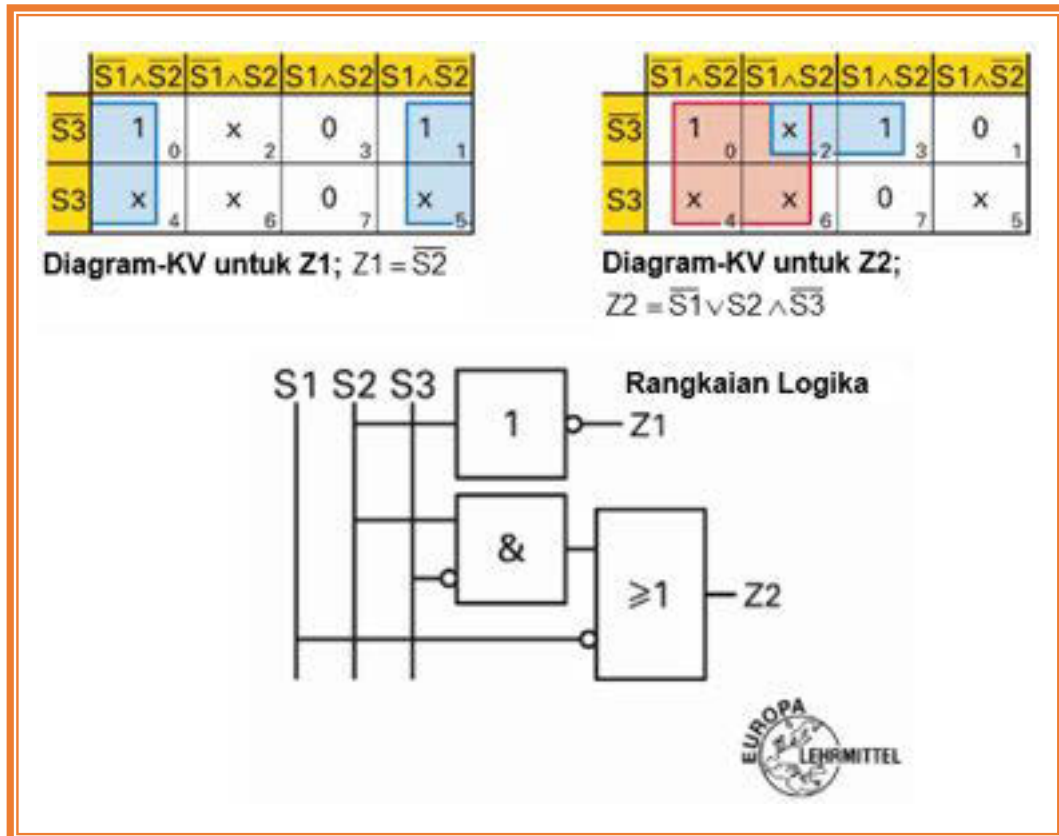
Untuk desain, kembangkan rangkaian logika yang sederhana/minimal.

Z2
Z1
Tangki Minyak
S3 max
S2 nor-mal
S1 min

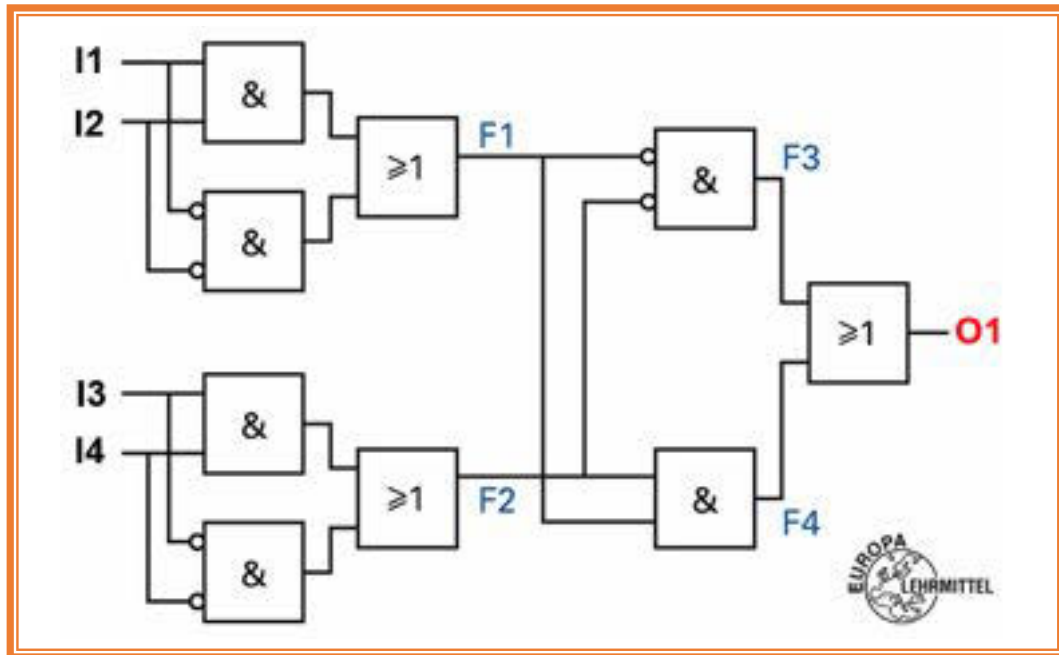
Baris	S3	S2	S1	Z1	Z2	
0	0	0	0	1	1	
1	0	0	1	1	0	
2	0	1	0	x	x	Tidak Signifikan
3	0	1	1	0	1	
4	1	0	0	x	x	Tidak Signifikan
5	1	0	1	x	x	Tidak Signifikan
6	1	1	0	x	x	Tidak Signifikan
7	1	1	1	0	0	

© EUROPE LEHRMITTEL

Gambar 3.8 Sistem tangki

Tabel Fungsi, diberi label dengan baris-baris yang tidak signifikan, yaitu kombinasi masukan yang tidak mungkin terjadi. Oleh karena itu tidak mempengaruhi sirkuit yang Anda inginkan. Dalam tabel fungsi, dimasukkan variabel output x. X dapat mengambil nilai "0" atau "1". X ini juga dipindahkan ke panel-KV dan dengan nilai yang diberikan ("0" atau "1"), yang memungkinkan sebagian besar bidang dalam satu lingkaran

.

Gambar 3.9 Penyederhanaan

D. Analisa Hubungan Logika

Analisis ini memberikan informasi tentang hubungan variabel input dan output. Titik awal yang akan diperiksa adalah sirkuit logika yang ada. Hasil pemeriksaan dapat berupa: persamaan fungsional, tabel fungsi, diagram pulsa dan deskripsi narasi dari sirkuit logika (lihat gambar dibawah ini).

Gambar 3.10 Hubungan logika

A. Soal:

Analisalah rangkaian logika diatas. Temukan persamaan fungsi, tabel fungsi, diagram waktu dan deskripsi verbal.

Penyelesaian:

1. Uraikan seluruh rangkaian dalam sub-fungsi (di sini, F1 ... F4), mulai dari sisi input.
2. Untuk setiap sub-fungsi, tentukan persamaan fungsinya.

   Persamaan sub-fungsi:

   $F1 = I1 \wedge I2 \vee \overline{I1} \wedge \overline{I2}$

   $F2 = I3 \wedge I4 \vee \overline{I3} \wedge \overline{I4}$

   $F3 = \overline{F1} \wedge \overline{F2}$

   $F4 = F1 \wedge F2$

3. Rangkum fungsi keseluruhan dari sub-fungsi yang ada.

   Persamaan Fungsi keseluruhan:

$$O1 = F3 \vee F4$$

$$O1 = \overline{F1} \wedge \overline{F2} \vee F1 \wedge F2$$

$$O1 = (\overline{I1 \wedge I2 \vee \overline{I1} \wedge \overline{I2}}) \wedge (\overline{I3 \wedge I4 \vee \overline{I3} \wedge \overline{I4}}) \vee (I1 \wedge I2 \vee \overline{I1} \wedge \overline{I2}) \wedge (I3 \wedge I4 \vee \overline{I3} \wedge \overline{I4})$$

Tabel 3.2 Tabel Fungsi

Baris	I4	I3	I2	I1	F1	F2	F3	F4	O1
0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
2	0	0	1	0	0	1	0	0	0
3	0	0	1	1	1	1	0	1	1
4	0	1	0	0	1	0	0	0	0
5	0	1	0	1	0	0	1	0	1
6	0	1	1	0	0	0	1	0	1
7	0	1	1	1	1	0	0	0	0
8	1	0	0	0	1	0	0	0	0
9	1	0	0	1	0	0	1	0	1
10	1	0	1	0	0	0	1	0	1
11	1	0	1	1	1	0	0	0	0
12	1	1	0	0	1	1	0	1	1
13	1	1	0	1	0	1	0	0	0
14	1	1	1	0	0	1	0	0	0
15	1	1	1	1	1	1	0	1	1

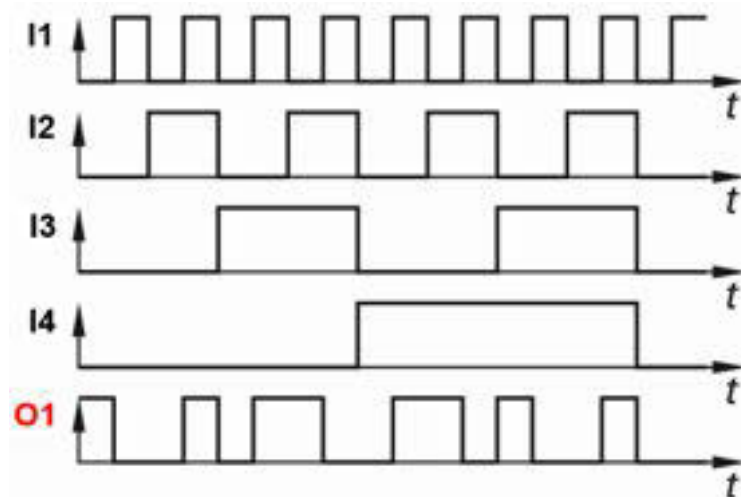



Diagram Fungsi Waktu / Diagram Pulsa

E. Deskripsi:

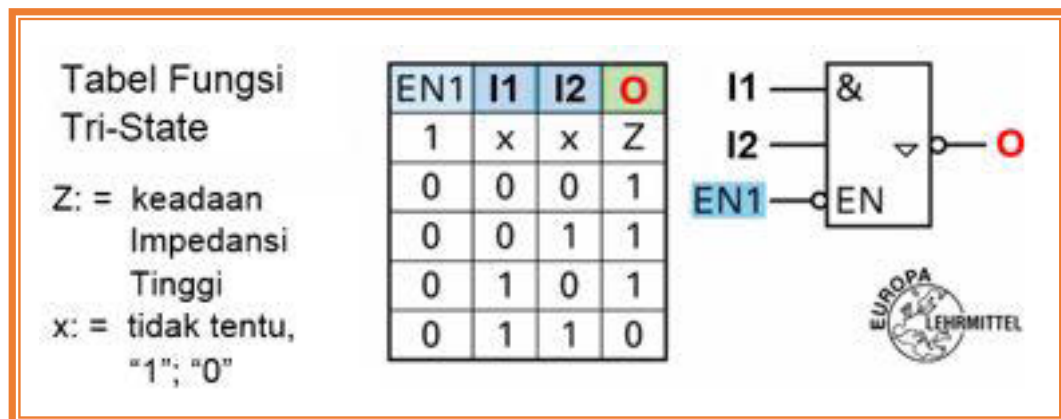
O1 mengeluarkan sinyal 1, jika sepasang input (hanya 2 dari empat input) berada pada logika "1".

O1 juga memberi sinyal 1 jika semua input berada pada logika “0” atau semua input berada pada logika "1".

F. REALISASI RANGKAIAN LOGIKA DENGAN RANGKAIAN ELEKTRONIK

Oleh karena dari blok logika dapat dibangun switching jaringan, maka harus disepakati beberapa hal:

- Tegangan operasi
- Waktu propagasi sinyal dan switching
- Ketinggian tingkat input dan output
- Ketinggian sinyal untuk rasio kebisingan

EN1	I1	I2	O
1	x	x	Z
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0

Gambar 3.11 Blok Tri-State

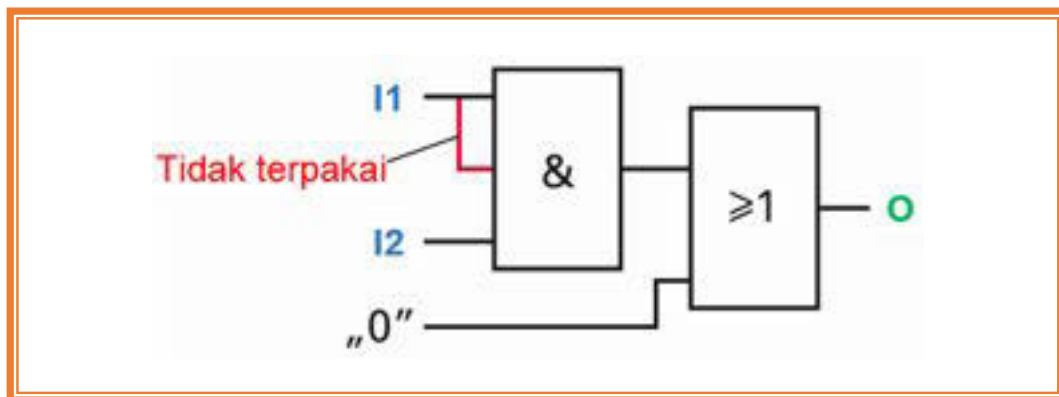
Perintah kerja:

1. Realisasikan sebuah fungsi OR melalui gerbang NAND
2. Buat fungsi OR setelah gerbang NOR.

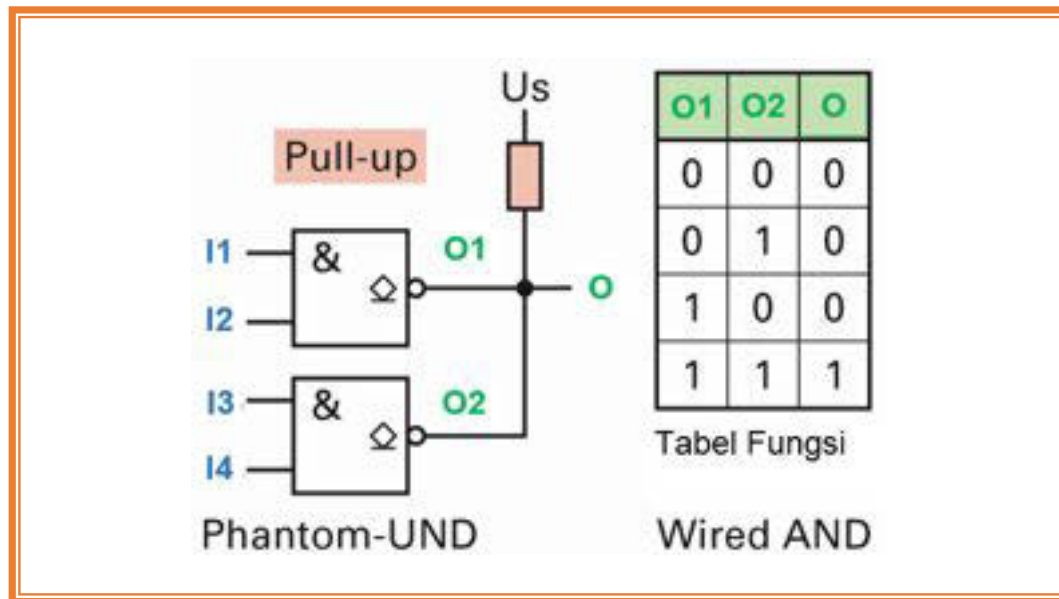
Input tidak terpakai (Gambar 3.12)

Input tidak terpakai dalam switching jaringan harus terhubung ke tegangan yang tepat; sebuah input yang tidak terpakai pada level-H, sebuah input OR yang bebas pada level-L. Input-input tersebut juga dapat dikombinasikan dengan masukan yang terpakai dari gerbang yang sama.

G. Output tri-state (Gambar 3.11)

Gerbang logika dengan output tri-state memiliki disamping keadaan logika output H dan keadaan L, dan keadaan ketiga di mana output impedansi tinggi. Modul ini memiliki input pengaktifkan EN (enable = enable) di mana output dikendalikan. Elemen tersebut digunakan, antara lain, dalam teknologi mikro-komputer (penyimpan SRAM).

Gambar 3.12 Input tak terpakai

Sambungan paralel output TTL (output kolektor terbuka)

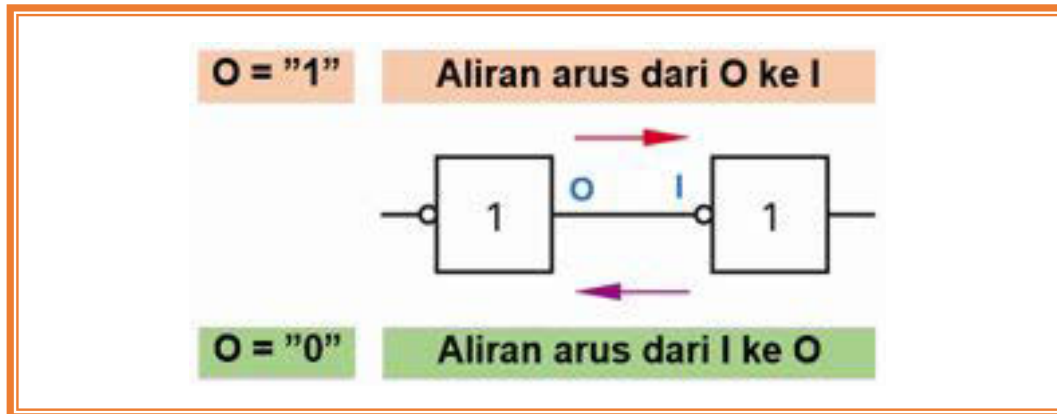
Untuk adaptasi dari sirkuit TTL ke sirkuit dengan tegangan yang lebih tinggi untuk kontrol langsung dari relai, gunakan gerbang logika dengan output terbuka. Output terhubung melalui resistor pull-up untuk kontrol tegangan Us. Blok logika tersebut ditandai dengan berlian pada gambar simbol. Bar di bawah berlian menunjukkan kolektor terbuka. Sambungan paralel output kolektor terbuka diperoleh dengan hubungan AND, yang disebut Phantom-AND atau wired-AND.

Gambar 3.13 Wired-AND

Faktor pembebanan dari gerbang logika elektronik

Baik input maupun output dari gerbang logika, keduanya juga memiliki keterbatasan. Dalam kasus overload, tegangan output turun ke tingkat yang tidak dapat diterima, sehingga fungsi dari gerbang tidak bisa lagi dijamin. Untuk gerbang logika ada dua faktor beban yang ditetapkan:

- Faktor beban masukan Fi, disebut Fan-in
- Faktor beban keluaran Fo, disebut Fan-out

Faktor beban masukan Fi, (Fan-in) tergantung pada keluarga rangkaian. Untuk TTL default adalah Fi = 1. Fi = 5 berarti lima kali nilai arus. Faktor beban output Fo (Fan-out) menunjukkan berapa banyak input dapat dihubungkan ke output gerbang maksimum. Untuk TTL default Fo = 10.

Pada tingkat-L pada output O memiliki tingkat 0.4 V, 16 mA, arus mengalir dari I ke dalam output. Ketika tingkat-H pada output O memiliki 2.4 V dan 16 mA, arus mengalir keluar dari O menuju ke I.

Gambar 3.14 Arus sebagai fungsi dari sinyal keluaran

Tabel 3.3 Overview keluarga sakelar

Teknologi	Penunjukan	Fungsi Dasar	Tegangan kerja	Tegangan Input "1" "0"	Tegangan Output "1" "0"	Waktu kerja per gerbang	Daya hilang per gerbang	Daya beban output
Transistor Transistor Logik	TTL	NAND	5 V	2.0 V 0.8 V	3.3 V 2.4 V	10 ns	20 mW	12 mW
Schottky TTL	TTL	NAND	5 V	2.0 V 0.8 V	3.3 V 0.5 V	2.5 ns	15 mW	12 mW
Low Power Schottky	LPS	NAND	5 V	2.0 V 0.8 V	3.3 V 0.5 V	7 ns	4 mW	40 mW
Complementary metal–oxide–semiconductor	CMOS	NOR NAND	3 V … 15 V	Tergantung tegangan kerja		50 ns	10 mW tergantung frekuensi clock	5 mW

4.1.3 Rangkuman

4.1.4 Tugas

<table>
<tr>
<td>TUGAS</td>
<td>
Amati dan perhatikan diagram KV berikut!

<table>
<tr><td></td><td>$\overline{S1}\wedge\overline{S2}$</td><td>$\overline{S1}\wedge S2$</td><td>$S1\wedge S2$</td><td>$S1\wedge\overline{S2}$</td></tr>
<tr><td>$\overline{S3}$</td><td>1_{0}</td><td>0_{2}</td><td>0_{3}</td><td>0_{1}</td></tr>
<tr><td>$S3$</td><td>0_{4}</td><td>1_{3}</td><td>1_{7}</td><td>0_{5}</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td>$\overline{E1}\wedge\overline{E2}$</td><td>$\overline{E1}\wedge E2$</td><td>$E1\wedge E2$</td><td>$E1\wedge\overline{E2}$</td></tr>
<tr><td>$\overline{E3}\wedge\overline{E4}$</td><td>$0_{0}$</td><td>$0_{2}$</td><td>$1_{3}$</td><td>$1_{1}$</td></tr>
<tr><td>$\overline{E3}\wedge E4$</td><td>1_{8}</td><td>1_{10}</td><td>0_{11}</td><td>0_{9}</td></tr>
<tr><td>$E3\wedge E4$</td><td>1_{12}</td><td>1_{14}</td><td>0_{15}</td><td>0_{13}</td></tr>
<tr><td>$E3\wedge\overline{E4}$</td><td>0_{4}</td><td>0_{6}</td><td>1_{7}</td><td>1_{5}</td></tr>
</table>

Bertanyalah kepada narasumber terhadap beberapa istilah/konsep/problem yang menjadi permasalahan.

Kumpulkan informasi dan analisislah dengan menjawab pertanyaan berikut ini:

1. Sederhanakan diagram KV diatas!
2. Temukan persamaan fungsi dalam bentuk paling sederhana!
3. Bangunlah rangkaian logikanya!
4. Simulasikan mengunakan software, dan ujilah dengan tabel kebenaran.
5. Buatlah resume dan dokumentasikan dalam bentuk laporan.
</td>
</tr>
<tr>
<td>PETUNJUK KERJA</td>
<td>

1. Tugas dikerjakan secara berkelompok, pilih ketua dan sekretaris.
2. Rencanakan persiapan untuk presentasi hasil diskusi kelompok dengan membuat file-powerpoint. Pilih petugas yang akan mempresentasikan di depan kelas.
3. Berdasarkan hasil diskusi kelompok, masing-masing anggota kelompok membuat laporan dan dikumpulkan kepada Guru Mapel.
</td>
</tr>
</table>

4.1.5 Tes Formatif

SOAL A:

1. Buat rangkaian logika dari tabel kebenaran berikut :

B	A	Q
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	0

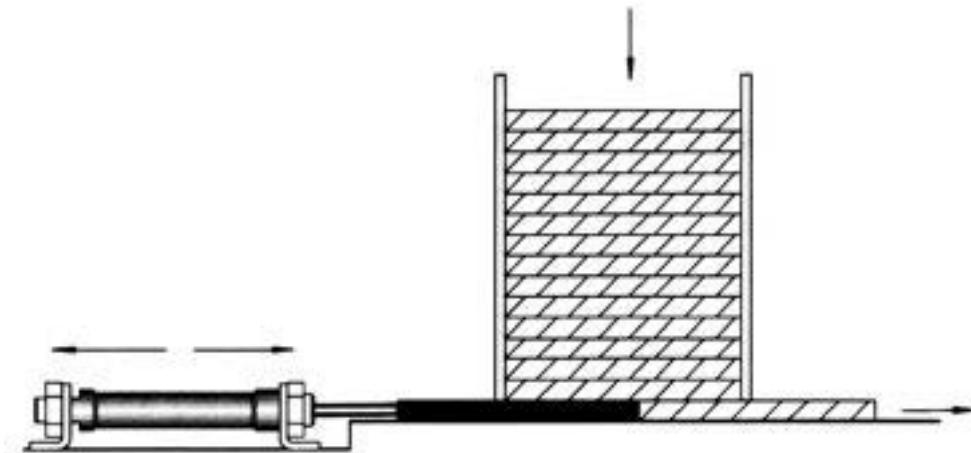
2. Buat rangkaian logika dari tabel kebenaran berikut :

S1	**S2**	**H1**	**H2**
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	0
1	1	1	0

3. Lampu H1 akan menyala jika kedua tombol tekan *ditekan* (S1=S2=1) atau kedua tombol tekan *tidak ditekan* (S1=S2=0). Jika salah satu tombol ditekan (S1 atau S2) lampu lainnya H2 menyala.
   a. Tulis tabel kebenaran dan persamaannya.
   b. Gambar rangkaian logikanya.

4. Motor akan berputar jika minimal 2 dari 3 sensornya memberikan sinyal ke kontrolnya.
   Tulis tabel kebenarannya dan rangkaian logikanya.

5. Mesin pembuat lubang akan melubangi benda kerja jika 2 dari 3 sensornya memberikan sinyal ke kontrolnya.
   Tulis tabel kebenarannya dan rangkaian logikanya.

6. Perhatikan soal berikut !

Tumpukan papan kayu di dorong ke luar satu persatu dari tempatnya ke alat penjepit oleh sebuah silinder. Dengan menekan salah satu tombol tekan (S1) atau pedal kaki (S2) dan benda ada di tempat (S3), maka satu papan terdorong ke luar dari tumpukan papan. Tombol dilepas alat pendorong kembali ke posisi semula.

Tulislah tabel kebenarannya dan rangkaian logikanya.

SOAL B:

1. Sederhanakan diagram KV dibawah dan dalam setiap kasus identifikasilah persamaan fungsi minimal dan sirkuit logika yang sesuai.

	$\overline{S1}\wedge\overline{S2}$	$\overline{S1}\wedge S2$	$S1\wedge S2$	$S1\wedge\overline{S2}$
$\overline{S3}$	1_{0}	0_{2}	0_{3}	0_{1}
$S3$	0_{4}	1_{3}	1_{7}	0_{5}

	$\overline{S1}\wedge\overline{S2}$	$\overline{S1}\wedge S2$	$S1\wedge S2$	$S1\wedge\overline{S2}$
$\overline{S3}$	1_{0}	1_{2}	0_{3}	1_{1}
$S3$	0_{4}	1_{6}	0_{7}	0_{5}

	$\overline{E1}\wedge\overline{E2}$	$\overline{E1}\wedge E2$	$E1\wedge E2$	$E1\wedge\overline{E2}$
$\overline{E3}\wedge\overline{E4}$	0_{0}	0_{2}	1_{3}	1_{1}
$\overline{E3}\wedge E4$	1_{8}	1_{10}	0_{11}	0_{9}
$E3\wedge E4$	1_{12}	1_{14}	0_{15}	0_{13}
$E3\wedge\overline{E4}$	0_{4}	0_{6}	1_{7}	1_{5}

	$\overline{E1}\wedge\overline{E2}$	$\overline{E1}\wedge E2$	$E1\wedge E2$	$E1\wedge\overline{E2}$
$\overline{E3}\wedge\overline{E4}$	0_{0}	0_{2}	0_{3}	0_{1}
$\overline{E3}\wedge E4$	1_{8}	0_{10}	0_{11}	1_{9}
$E3\wedge E4$	1_{12}	0_{14}	1_{15}	1_{13}
$E3\wedge\overline{E4}$	0_{4}	1_{6}	1_{7}	1_{5}

2. Transmisi data 4 bit (a, b, c, d) akan dipantau dengan sirkuit. Rangkaian logika ini mengirim logika 1 pada output, ketika bit ganjil dari 4 bit memiliki nilai 1.
   a. Kembangkan tabel fungsi yang sesuai.
   b. Berdasarkan tabel fungsi, buat persamaan fungsi yang sesuai dalam bentuk normal disjungtif.
   c. Sederhanakan menggunakan diagram KV, jika memungkinkan.
   d. Gambarkan diagram logika untuk persamaan fungsi.

4.1.6 Lembar Jawaban Tes Formatif

SOAL A:

1. Jawaban:

B	A	Q
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	0

Persamaan	Rangkaian Logika
$Q = B \wedge \overline{A}$	

2. Jawaban:

S1	S2	H1	H2
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	0
1	1	1	0

Persamaan	Rangkaian Logika

3. Jawaban:

S1	S2	H1	H2	Persamaan
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			

Persamaan	Rangkaian Logika

4. Jawaban:

Sensor			M	Persamaan
a	b	c		
0	0	0		
0	0	1		
0	1	0		
0	1	1		
1	0	0		
1	0	1		
1	1	0		
1	1	1		

Persamaan	Rangkaian Logika

5. Jawaban:

Sensor			M	Persamaan
a	b	c		
0	0	0		
0	0	1		
0	1	0		
0	1	1		
1	0	0		
1	0	1		
1	1	0		
1	1	1		

Persamaan	Rangkaian Logika

6. Jawaban:

Tombol tekan/sensor			M	Persamaan
S1	S2	S3		
0	0	0		
0	0	1		
0	1	0		
0	1	1		
1	0	0		
1	0	1		
1	1	0		
1	1	1		

Persamaan	Rangkaian Logika

SOAL B:

1. Jawaban:

	$\overline{S1}\wedge\overline{S2}$	$\overline{S1}\wedge S2$	$S1\wedge S2$	$S1\wedge\overline{S2}$
$\overline{S3}$	1 (0)	0 (2)	0 (3)	0 (1)
S3	0 (4)	1 (3)	1 (7)	0 (5)

	$\overline{S1}\wedge\overline{S2}$	$\overline{S1}\wedge S2$	$S1\wedge S2$	$S1\wedge\overline{S2}$
$\overline{S3}$	1 (0)	1 (2)	0 (3)	1 (1)
S3	0 (4)	1 (6)	0 (7)	0 (5)

Persamaan	Persamaan
Rangkaian Logika	**Rangkaian Logika**

	$\overline{E1}\wedge\overline{E2}$	$\overline{E1}\wedge E2$	$E1\wedge E2$	$E1\wedge\overline{E2}$
$\overline{E3}\wedge\overline{E4}$	0 (0)	0 (2)	1 (3)	1 (1)
$\overline{E3}\wedge E4$	1 (8)	1 (10)	0 (11)	0 (9)
$E3\wedge E4$	1 (12)	1 (14)	0 (15)	0 (13)
$E3\wedge\overline{E4}$	0 (4)	0 (6)	1 (7)	1 (5)

	$\overline{E1}\wedge\overline{E2}$	$\overline{E1}\wedge E2$	$E1\wedge E2$	$E1\wedge\overline{E2}$
$\overline{E3}\wedge\overline{E4}$	0 (0)	0 (2)	0 (3)	0 (1)
$\overline{E3}\wedge E4$	1 (8)	0 (10)	0 (11)	1 (9)
$E3\wedge E4$	1 (12)	0 (14)	1 (15)	1 (13)
$E3\wedge\overline{E4}$	0 (4)	1 (6)	1 (7)	1 (5)

Persamaan	Persamaan
Rangkaian Logika	**Rangkaian Logika**

4.1.7 Lembar Kerja Peserta Didik

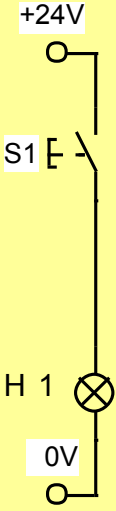
4.2 Kegiatan Belajar 9: Realisasi Rangkaian Logika dengan Kontak Listrik

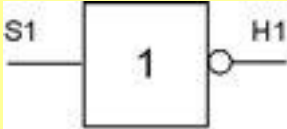
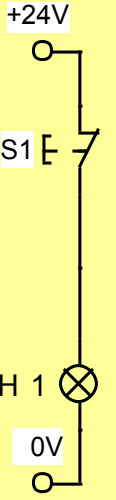
4.2.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah selesai mempelajari materi ini, peserta didik dapat:

a. Menggambar rangkaian logika dasar dengan kontak listrik
b. Menggambar rangkaian penyimpan/pengunci/memori dengan kontak listrik
c. Menggambar rangkaian tunda-waktu dengan kontak listrik
d. Merangkai gambar rangkaian kontrol dengan kontak listrik pada papan peraga.

4.2.2 Uraian Materi

REALISASI RANGKAIAN LOGIKA DENGAN KONTAK LISTRIK

Untuk keperluan melihat secara utuh konsep logika dan kemungkinan realisasi teknologinya, maka perlu ditampilkan pada saat bersamaan mulai dari tabel kebenaran, persamaan aljabar, simbol diagram logikanya dan realisasi dengan teknologi. Berikut ini disajikan dalam bentuk tabel:

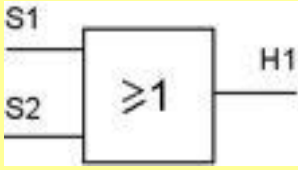
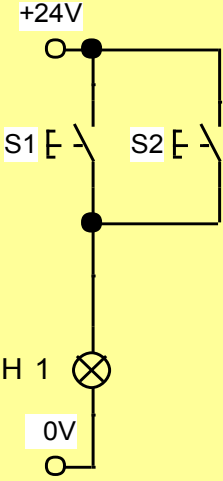
A. Realisasi Fungsi Logika Dasar dengan kontak listrik

A.1 Fungsi Identity

<table>
<tr><th>Tabel Kebenaran</th><th>Persamaan</th><th>Simbol Diagram</th></tr>
<tr><td><table><tr><th>S1</th><th>H1</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td></tr></table></td><td>S1 = H1</td><td>S1 [1] H1</td></tr>
</table>

Simbol Kontak Listrik NO	Realisasi Fungsi YES dengan kontak listrik Dengan kontak normally opened (NO).	
	+24V, S1, H 1, 0V	• Jika tombol S1 tidak ditekan, maka lampu H1 mati, • Jika tombol S1 ditekan, maka lampu H1 menyala

A.2 Fungsi NOT/negation (NOT Function)

Tabel Kebenaran	Persamaan	Simbol Diagram
S1 / H1: 0 → 1; 1 → 0	$\overline{S1} = H1$	S1, 1, H1
Simbol Kontak Listrik NC	**Realisasi Fungsi NOT dengan kontak listrik Dengan kontak normally closed (NC)**	
	+24V, S1, H 1, 0V	• Jika tombol S1 tidak ditekan, maka lampu H1 menyala, • Jika tombol S1 ditekan, maka lampu H1 mati

S1	H1
0	1
1	0

A.3 Fungsi AND/Conjunction (AND Function)

<table>
<tr><th>Tabel Kebenaran</th><th>Persamaan</th><th>Simbol Diagram</th></tr>
<tr><td>

S1	S2	H1
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

</td><td>S1 ∧ S2 = H1</td><td>S1
S2
&
H1</td></tr>
<tr><td>Simbol
Kontak Listrik NO</td><td colspan="2">Realisasi Fungsi AND dengan kontak listrik
Dengan 2 kontak NO yang disambung seri.</td></tr>
<tr><td></td><td>+24V
S1
S2
H 1
0V</td><td>

- Jika tombol S1 dan S2 tidak ditekan, maka lampu H1 mati,
- Jika salah satu tombol S1 atau S2 ditekan, maka lampu H1 mati,
- Jika hanya tombol S1 dan tombol S2 ditekan, maka lampu H1 menyala

</td></tr>
</table>

A.4 Fungsi OR/Disjunction (OR Function)

Tabel Kebenaran	Persamaan	Simbol Diagram
S1, S2, H1: 0 0 0 / 0 1 1 / 1 0 1 / 1 1 1	S1 v S2 = H1	S1, S2 → ≥1 → H1

S1	S2	H1
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Simbol Kontak Listrik NO	Realisasi Fungsi OR dengan kontak listrik Dengan 2 kontak NO yang disambung paralel.	
	+24V, S1, S2, H 1, 0V	• Jika tombol S1 dan S2 tidak ditekan, maka lampu H1 mati, • Jika salah satu tombol S1 atau S2 ditekan, maka lampu H1 menyala, • Jika tombol S1 dan tombol S2 ditekan, maka lampu H1 menyala

A.5 Realisasi Fungsi NAND dengan kontak listrik

Tabel Kebenaran	Persamaan	Simbol
S1 | S2 | H1: 0 0 1; 0 1 1; 1 0 1; 1 1 0	$\overline{S1 \wedge S2} = H1$	S1, S2, &, H1

S1	S2	H1
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Realisasi Fungsi NAND dengan kontak listrik:

Rangkaian Logika	Rangkaian dengan kontak listrik
a, b, &, c, 1, $\overline{c}$	+24V, S1, S2, K1, K1, H 1, 0V

A.6 Realisasi Fungsi NOR dengan kontak listrik

Tabel Kebenaran	Persamaan	Simbol
	$\overline{S1 \vee S2} = H1$	

S1	S2	H1
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Realisasi Fungsi NOR dengan kontak listrik:

Rangkaian Logika	Rangkaian dengan kontak listrik

A.7 Realisasi Fungsi EX-OR/Exclusive OR (Antivalence) dengan kontak listrik

Tabel Kebenaran	Persamaan	Simbol
(lihat tabel di bawah)	$(S1 \wedge \overline{S2}) \vee (\overline{S1} \wedge S2) = H1$	S1, S2 → =1 → H1

Tabel Kebenaran

S1	S2	H1
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Persamaan

$$(S1 \wedge \overline{S2}) \vee (\overline{S1} \wedge S2) = H1$$

Simbol

S1
S2
=1
H1

Realisasi Fungsi EX-OR dengan kontak listrik menggunakan kontak tukar (CO) yang disambung seri seperti gambar berikut :

Rangkaian Logika	Rangkaian dengan kontak listrik
a, b, 1, 1, $\overline{b}$, $\overline{a}$, &, &, ≥1, c	+24V, S1, S2, H 1, 0V

A.8 Realisasi Fungsi EX-OR/Exclusive OR (Equivalence) dengan kontak listrik

Tabel Kebenaran	Persamaan	Simbol
(see truth table below)	$(S1 \wedge S2) \vee (\overline{S1} \wedge \overline{S2}) = H1$	S1, S2, =, H1

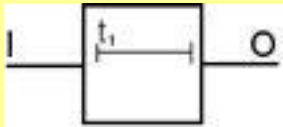
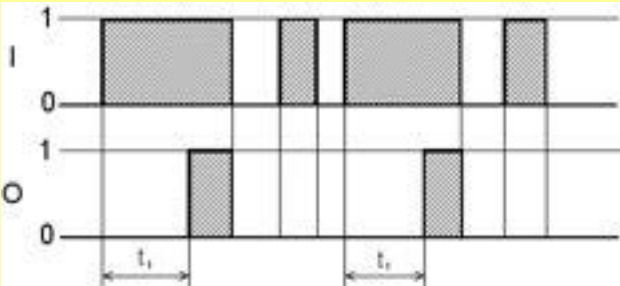
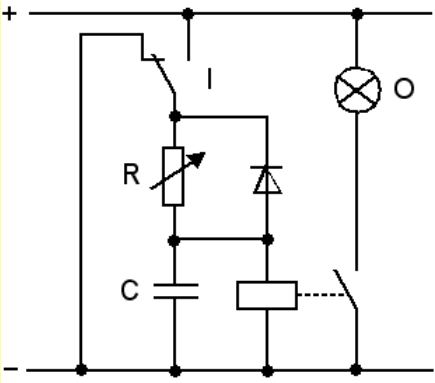
S1	S2	H1
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Realisasi Fungsi EX-OR (Equivalence) dengan kontak listrik menggunakan kontak tukar (CO) yang disambung seri seperti gambar berikut :

Rangkaian Logika	Rangkaian dengan kontak listrik
a, b, 1, 1, $\overline{a}$, $\overline{b}$, &, &, ≥1, c	+24V, S1, S1, S2, S2, H 1, 0V

B. Realisasi Rangkaian Pengunci dengan Kontak Listrik

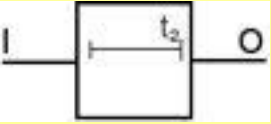
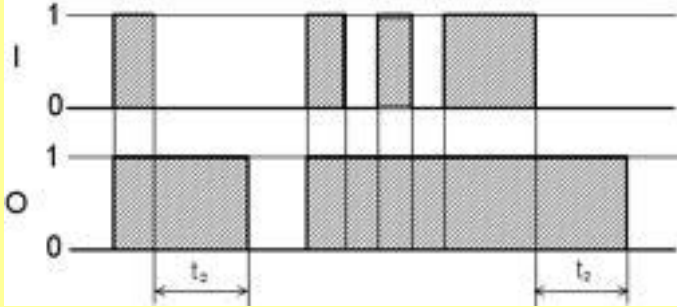
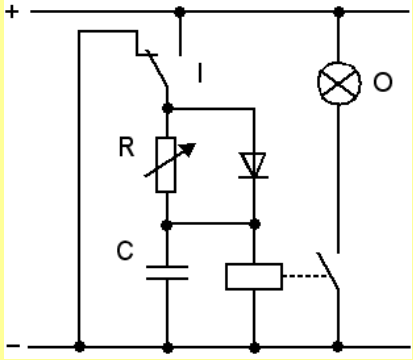
B.1 Realisasi Rangkaian Penyimpan/Pengunci, Dominan „OFF“ dengan Kontak Listrik

SIMBOL	DIAGRAM FUNGSI
Rangkaian pengunci, dominan „OFF“ S1, S2, S, R, Q, H1, 1 0, 1 1	S, R, O (1 / 0)
Realisasi rangkaian pengunci, dominan „OFF“ dengan kontak listrik:	
Rangkaian Logika	Rangkaian relai dengan kondensator
a, b, ≥1, 1, b̄, &, c	+24V, S1, K1, S2, K1, K2, K1, K2, H 1, 0V
Deskripsi	
Menggunakan komponen : • 2 tombol tekan NO • 1 relai dengan 2 NO • 1 relai dengan 1 NC Jika S1 ditekan arus meng alir pada kumparan relai K1, akibatnya kontak K1 menutup. H1 menyala. S1 dilepas relai K1 tetap kerja karena arus ke kumparan K1 lewat kontak K1. Mematikan dengan memu tus arus relai K1 melalui K2 yang diaktifkan oleh S2. S1 dan S2 ditekan bersama relai K1 mati sehingga H1 mati.	

B.2 Realisasi Rangkaian Penyimpan/Pengunci, Dominan „ON“ dengan Kontak Listrik

SIMBOL	DIAGRAM FUNGSI
Rangkaian pengunci, dominan „ON“	

Realisasi rangkaian pengunci, dominan „ON“ dengan kontak listrik:

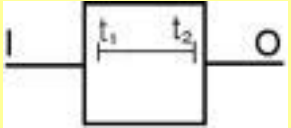
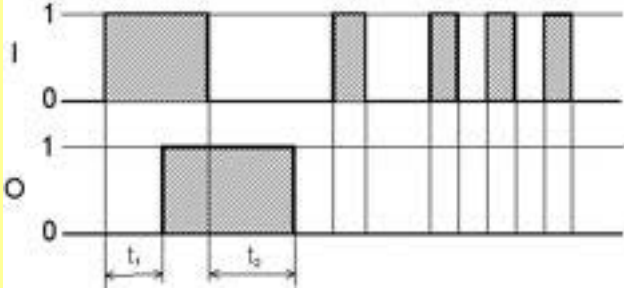
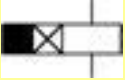
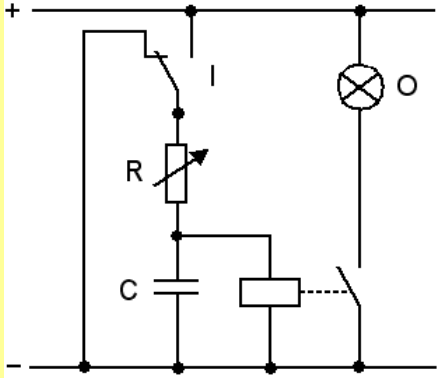
Rangkaian Logika	Rangkaian relai dengan kondensator

Deskripsi
Menggunakan komponen : • 2 tombol tekan NO • 1 relai dengan 2 NO • 1 relai dengan 1 NC Jika S1 ditekan arus meng alir pada kumparan relai K1, akibatnya kontak K1 menutup. H1 menyala. S1 dilepas relai K1 tetap kerja karena arus ke kumparan K1 lewat kontak K1. Mematikan dengan memu tus arus relai K1 melalui K2 yang diaktifkan oleh S2. S1 dan S2 ditekan bersama relai K1 hidup sehingga H1 menyala.

C. Timer (Tunda Waktu)

C.1 Timer Delay “ON“

SIMBOL	DIAGRAM FUNGSI
I t_1 O	I 1 0 O 1 0 t_1 t_1

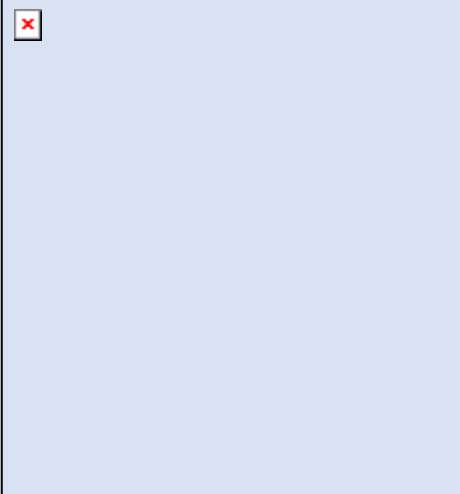
Realisasi Timer Delay “ON“ dengan kontak listrik:
Dengan relai tunda waktu „delay ON“

Simbol	Deskripsi	Rangkaian relai dengan kondensator
	Relai akan aktif setelah waktu settingnya tercapai jika arus mengalir padanya dan relai mati secara tiba-tiba jika arusnya hilang.	+ I O R C –
	Kontak NO dengan tunda tutupnya (ON) setelah relai aktif.	
	Kontak NC dengan tunda buka setelah relai aktif.	
1	Kontak CO dengan tunda tutup dan buka setelah relai aktif.	

C.2 Timer Delay “OFF“

SIMBOL	DIAGRAM FUNGSI

Realisasi Timer Delay “OFF“ dengan kontak listrik :
Dengan relai tunda waktu „delay OFF“

Simbol	Deskripsi	Rangkaian relai dengan kondensator
	Relai akan aktif secara tiba-tiba jika arus mengalir padanya dan relai mati setelah waktu settingnya tercapai jika arusnya hilang.	
	Kontak NO dengan tunda buka setelah relai mati.	
	Kontak NC dengan tunda tutup setelah relai mati.	
	Kontak CO dengan tunda tutup dan buka setelah relai mati.	

C.3 Timer Delay “ON” dan “OFF“

SIMBOL	DIAGRAM FUNGSI
I, t_1, t_2, O	I, 1, 0, O, 1, 0, t_1, t_2

Realisasi Timer Delay “ON” dan “OFF“ dengan kontak listrik :
Dengan relai tunda waktu „delay “ON” dan “OFF“

Simbol	Deskripsi	Rangkaian relai dengan kondensator
	Relai akan aktif setelah waktu settingnya tercapai jika arus mengalir padanya dan relai mati setelah waktu settingnya tercapai jika arusnya hilang.	+, I, O, R, C, –
	Kontak NO dengan tunda tutup setelah relai aktif dan tunda buka setelah relai mati.	
	Kontak NC dengan tunda buka setelah relai aktif dan tunda tutup setelah relai mati.	
	Kontak CO dengan tunda buka dan tutup setelah relai aktif dan tunda tutup dan buka setelah relai mati.	

4.2.3 Rangkuman

4.2.4 Tugas

TUGAS

Amati dan perhatikan gambar sketsa sistem kontrol Silo untuk dua bahan curah berikut!

Deskripsi Masalah: Sebuah pabrik pencampuran memungkinkan pilihan antara dua bahan curah melalui sakelar pilih (S2). Dalam posisi 1 (sinyal S2 = 0), Bahan curah A mencapai wadah pencampuran, jika tombol S1 ditekan segera.
Demikian pula, bahan curah B dialirkan, jika sakelar pilih S2 berada di posisi 2 (sinyal S2 = 1) dan menekan tombol S1. Silo A dibuka melalui silinder 1.0 (solenoid valve Y1), Silo B melalui silinder 2.0 (solenoid valve Y2).

Bertanyalah kepada narasumber terhadap beberapa istilah/konsep/problem yang menjadi permasalahan.

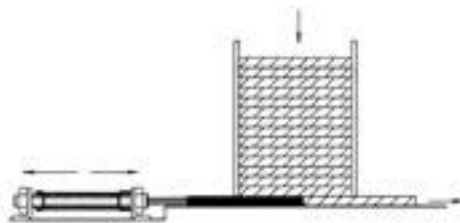
Kumpulkan informasi dan analisislah dengan menjawab pertanyaan berikut ini:

1. Temukan tabel kebenaran dan persamaan fungsinya!
2. Realisasikan rangkaian kontrol dengan kontak elektrik!
3. Jika S2 tidak difungsikan, dan hanya dengan menekan S1, maka silo A membuka, dan 10 detik kemudian secara otomatis silo B membuka. Buatlah rangkaian kontrolnya menggunakan kontak elektrik!
4. Buatlah resume dan dokumentasikan dalam bentuk laporan.

PETUNJUK KERJA

1. Tugas dikerjakan secara berkelompok, pilih ketua dan sekretaris.
2. Rencanakan persiapan untuk presentasi hasil diskusi kelompok dengan membuat file-powerpoint. Pilih petugas yang akan mempresentasikan di depan kelas.
3. Berdasarkan hasil diskusi kelompok, masing-masing anggota kelompok membuat laporan dan dikumpulkan kepada Guru Mapel.

4.2.5 Tes Formatif

1. Lampu H1 akan menyala jika kedua tombol tekan *ditekan* (S1=S2=1) atau kedua tombol tekan *tidak ditekan* (S1=S2=0). Jika salah satu tombol ditekan (S1 atau S2) lampu lainnya H2 menyala.
   a. Tulis tabel kebenaran dan persamaannya.
   b. Gambar rangkaian logikanya.
   c. Realisasikan rangkaian logika dengan kontak listrik.
2. Motor akan berputar jika minimal 2 dari 3 sensornya memberikan sinyal ke kontrolnya.
   a. Tulis tabel kebenaran dan persamaannya.
   b. Gambar rangkaian logikanya.
   c. Realisasikan rangkaian logika dengan kontak listrik.
3. Mesin pembuat lubang akan melubangi benda kerja jika 2 dari 3 sensornya memberikan sinyal ke kontrolnya.
   a. Tulis tabel kebenaran dan persamaannya.
   b. Gambar rangkaian logikanya.
   c. Realisasikan rangkaian logika dengan kontak listrik.
4. Perhatikan soal berikut!

Tumpukan papan kayu di dorong ke luar satu persatu dari tempatnya ke alat penjepit oleh sebuah silinder. Dengan menekan salah satu tombol tekan (S1) atau pedal kaki (S2) dan benda ada di tempat (S3) , maka satu papan terdorong ke luar dari tumpukan papan. Tombol dilepas alat pendorong kembali ke posisi semula.

   a. Tulis tabel kebenaran dan persamaannya.
   b. Gambar rangkaian logikanya.
   c. Realisasikan rangkaian logika dengan kontak listrik.

4.2.6 Lembar Jawaban Tes Formatif

<u>Penyelesaian soal 1:</u>

S1	S2	H1	H2	Persamaan
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			

Persamaan	Rangkaian Logika
Rangkaian dengan kontak listrik	

Penyelesaian soal 2:

Sensor			M	Persamaan
a	B	c		
0	0	0		
0	0	1		
0	1	0		
0	1	1		
1	0	0		
1	0	1		
1	1	0		
1	1	1		

Persamaan	Rangkaian Logika
Rangkaian dengan kontak listrik	

Penyelesaian soal 3:

Sensor			M	Persamaan
a	**b**	**c**		
0	0	0		
0	0	1		
0	1	0		
0	1	1		
1	0	0		
1	0	1		
1	1	0		
1	1	1		

Persamaan	Rangkaian Logika
Rangkaian dengan kontak listrik	

Penyelesaian soal 4:

Tombol tekan/sensor			M	Persamaan
S1	S2	S3		
0	0	0		
0	0	1		
0	1	0		
0	1	1		
1	0	0		
1	0	1		
1	1	0		
1	1	1		

Persamaan	Rangkaian Logika
Rangkaian dengan kontak listrik	

4.2.7 Lembar Kerja Peserta Didik

Buatlah rangkaian kontrol dengan kontak listrik pada papan peraga, gunakan sumber tegangan 24 Vdc.

4.3 Kegiatan Belajar 10: Realisasi Rangkaian Logika dengan Pneumatik

4.3.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah selesai mempelajari materi ini, peserta didik dapat:

a. Menggambar rangkaian logika dasar dengan katup pneumatik
b. Menggambar rangkaian penyimpan/pengunci/memori dengan katup pneumatik
c. Menggambar rangkaian tunda-waktu dengan katup pneumatik
d. Merangkai gambar rangkaian kontrol dengan katup pneumatik pada papan peraga.

4.3.2 Uraian Materi

REALISASI RANGKAIAN LOGIKA DENGAN PNEUMATIK

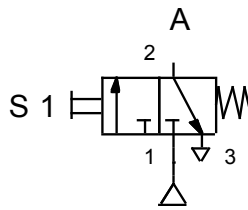
A. Realisasi Fungsi Logika Dasar dengan Pneumatik

A.1 Realisasi Fungsi YES (identity) dengan pneumatik :

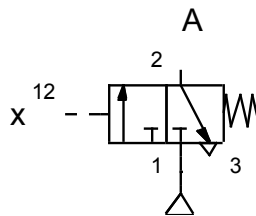
Tabel Kebenaran	Persamaan	Simbol
S1 / A: 0 / 0; 1 / 1	S1 = A	S1 — [1] — H1

S1	A
0	0
1	1

Realisasi Fungsi YES dengan pneumatik :

a. Dengan katup 3/2 normal tertutup (NC), pengaktifan tombol tekan dan pengembalian pegas.

Simbol:

Tombol katup ditekan (S1=input), udara keluar dari lubang 1 ke lubang 2 (A=output).

b. Dengan katup 3/2 normal tertutup (NC), pengaktifan pneumatik dan pengembalian pegas.

Simbol:

Lubang x diberi udara bertekanan (x=input), udara keluar dari lubang 1 ke lubang 2 (A=output).

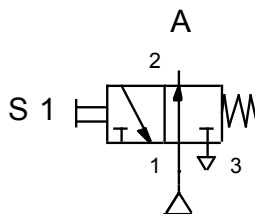
A.2 Realisasi Fungsi NOT (Negation) dengan pneumatik :

<table>
<tr><th>Tabel Kebenaran</th><th>Persamaan</th><th>Simbol</th></tr>
<tr><td>

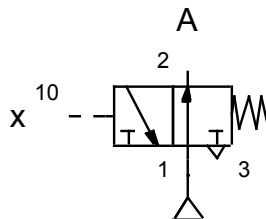
S1	A
0	1
1	0

</td><td>$\overline{S1} = A$</td><td>S1 — 1 — H1</td></tr>
</table>

Realisasi Fungsi NOT dengan pneumatik:

a. Dengan katup 3/2 normal terbuka (NO), pengaktifan tombol tekan dan pengembalian pegas.

Simbol:

Tombol katup ditekan (S1=input), udara terblokir, sehingga tidak ada udara yang keluar dari lubang 2 (A=output).

b. Dengan katup 3/2 normal terbuka (NO), pengaktifan pneumatik dan pengem balian pegas.

Simbol:

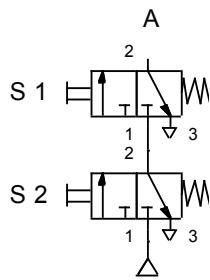
Lubang x diberi udara bertekanan(x=input), udara terblokir, sehingga tidak ada udara yang keluar dari lubang 2 (A=output).

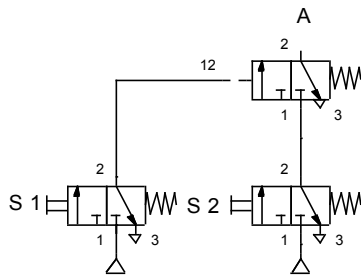
A.3 Realisasi Fungsi AND (Conjunction) dengan pneumatik:

<table>
<tr><th>Tabel Kebenaran</th><th>Persamaan</th><th>Simbol</th></tr>
<tr><td>
<table>
<tr><th>S1</th><th>S2</th><th>H1</th></tr>
<tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr>
<tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr>
</table>
</td><td>S1 ∧ S2 = H1</td><td>S1
S2
&
H1</td></tr>
</table>

Realisasi Fungsi AND dengan pneumatik :

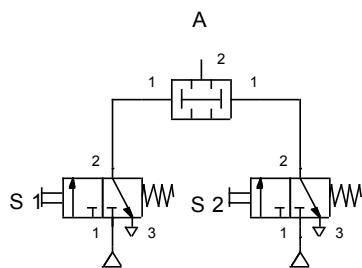
a. Dengan *dua* katup 3/2 normal tertutup (NC), pengaktifan tombol tekan dan pengembalian pegas yang disambung seri.

Simbol :

Jika tombol S1 *ditekan* dan S2 *tidak ditekan* (S1 dan S2 = input) maka tidak ada udara yang keluar dari lubang A karena udara dari sumber S2 terblokir.

b. Dengan katup 3/2 normal tertutup (NC), pengaktifan pneumatik dan pengembalian pegas.

Simbol:

Input lubang 1 dan 3 dari katup 3/2 normal tertutup (NC), pengaktifan pneumatik dan pengembalian pegas. Sinyal input dari S1 dan S2 masuk ke lubang 1 dan 3 lalu keluar ke lubang A. (A=output)

c. Dengan “two pressure valve”.

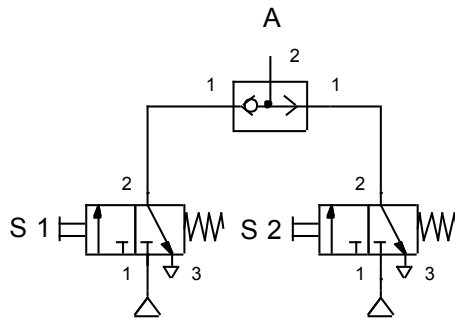
Simbol:

Input lubang 1 dan output 2. Sinyal input dari S1 dan S2 masuk ke lubang 1 dan keluar ke lubang 2 (A). (A=output)

A.4 Realisasi Fungsi OR (Disjunction) dengan pneumatik:

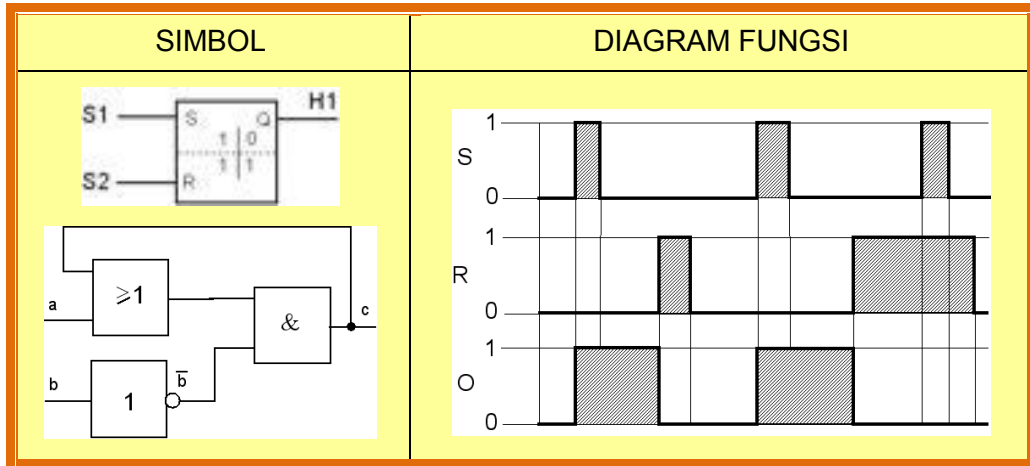
<table>
<tr><th>Tabel Kebenaran</th><th>Persamaan</th><th>Simbol</th></tr>
<tr><td>
<table>
<tr><th>S1</th><th>S2</th><th>H1</th></tr>
<tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr>
<tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr>
</table>
</td><td>S1 v S2 = H1</td><td>S1
S2
≥1
H1</td></tr>
</table>

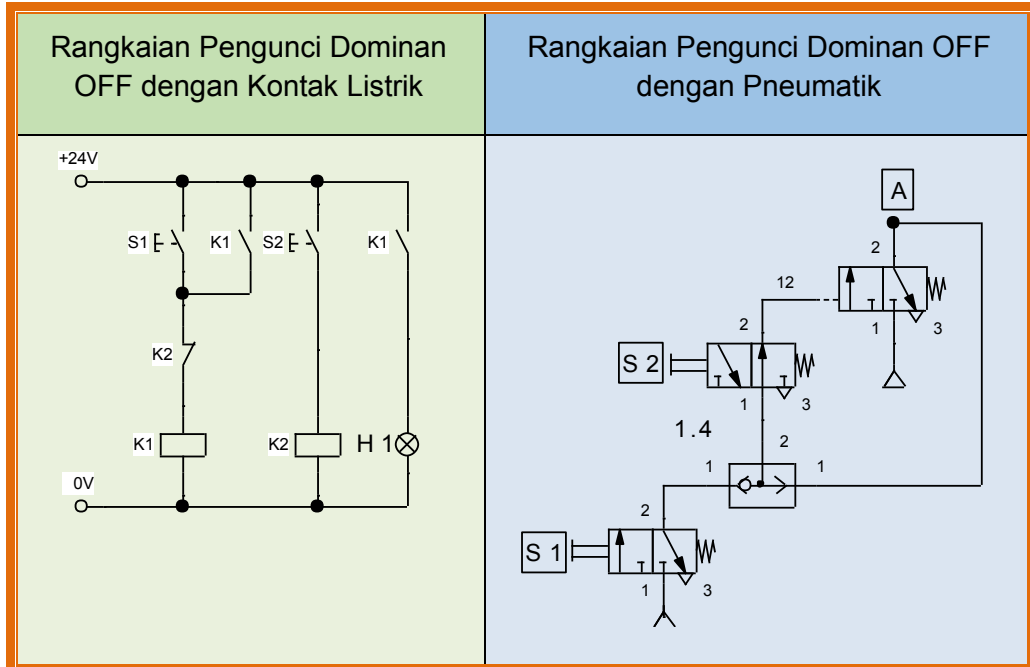
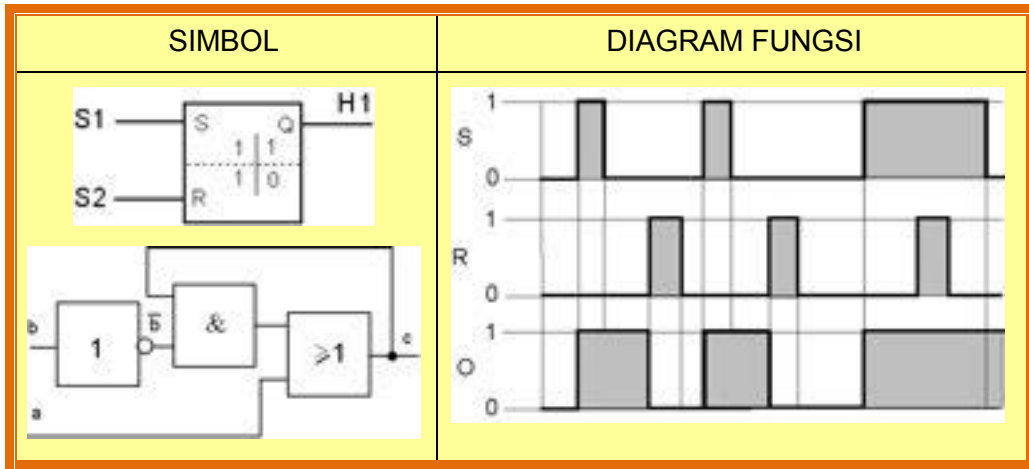
Realisasi Fungsi OR dengan pneumatik :

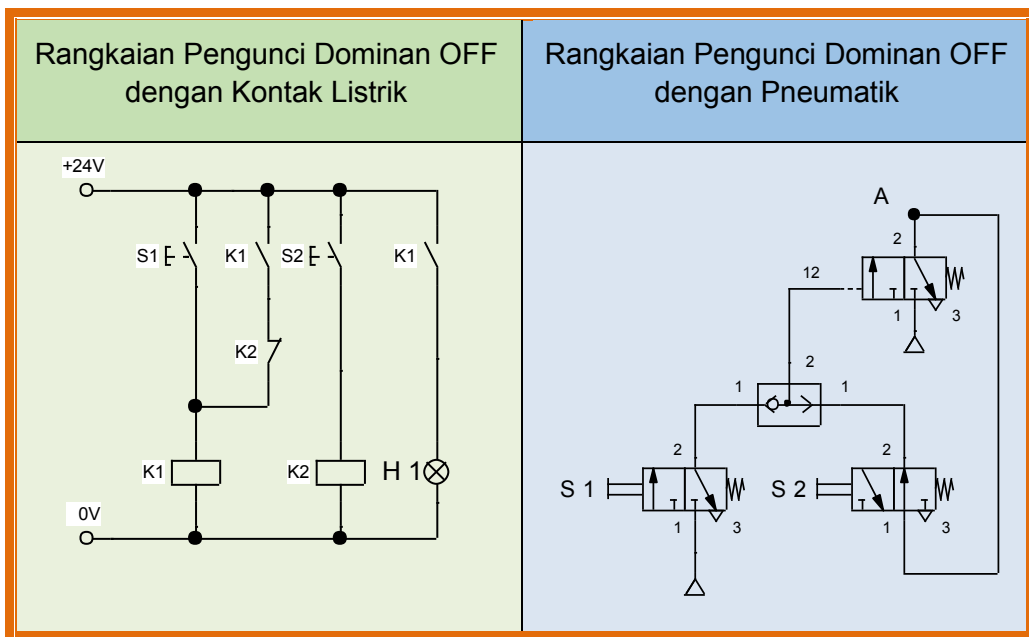
a. Dengan „ Shuttle Valve“.

Simbol :

Input lubang 1 dan output 2. Sinyal input dari S1 dan S2 masuk ke lubang 1 dan keluar ke lubang 2 (A). (A=output)

B. Realisasi Rangkaian Penyimpan dengan Pneumatik

B.1 Realisasi Rangkaian Pengunci Dominan OFF dengan Pneumatik

Realisasi rangkaian pengunci, dominan „OFF“ dengan pneumatik:

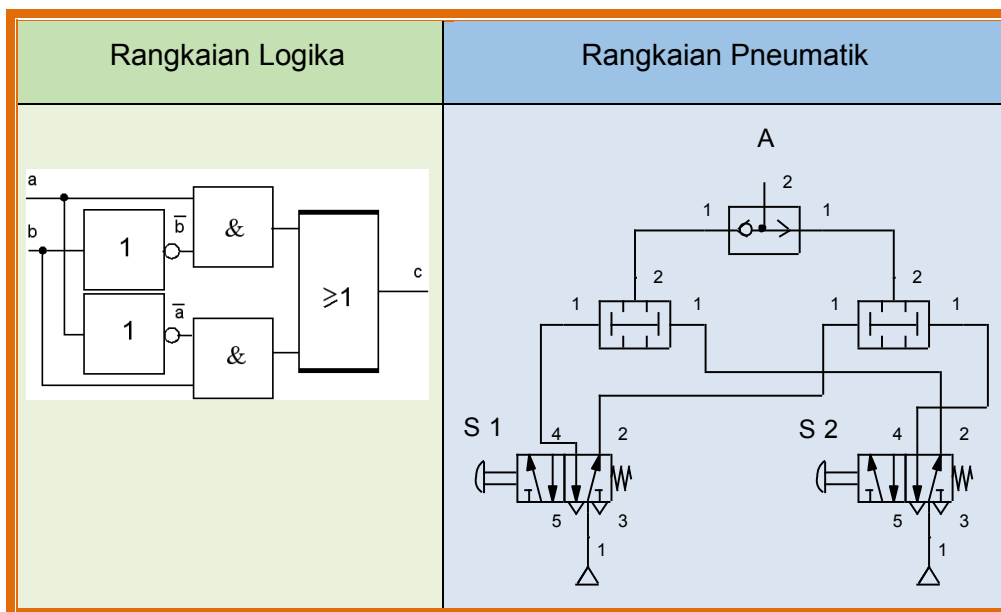
Dengan tombol katup 3/2 normal tertutup (NC), tombol katup 3/2 normal terbuka (NO), shuttle valve dan katup 3/2 normal tertutup (NC) dengan aktuasi pneumatik.

B.2 Realisasi Rangkaian Pengunci Dominan ON dengan Pneumatik

Realisasi rangkaian pengunci, dominan „ON“ dengan pneumatik :

Dengan tombol katup 3/2 normal tertutup (NC), tombol katup 3/2 normal terbuka (NO), shuttle valve dan katup 3/2 normal tertutup (NC) dengan aktuasi pneumatik.

B.3 Realisasi Rangkaian Logika EX-OR Antivalence dengan Pneumatik

<table>
<tr><th>Persamaan</th><th>Tabel Kebenaran</th><th>Simbol</th></tr>
<tr>
<td>$(S1 \wedge \overline{S2}) \vee (\overline{S1} \wedge S2) = H1$</td>
<td>
<table>
<tr><th>S1</th><th>S2</th><th>H1</th></tr>
<tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr>
<tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr>
</table>
</td>
<td>S1
S2
=1
H1</td>
</tr>
</table>

Realisasi Fungsi EX-OR dengan pneumatik :

Dengan rangkaian menggunakan katup-katup :

- Shuttle Valve
- two pressure valve
- 5/2

B.4 Realisasi Rangkaian Logika EX-OR Equivalence dengan Pneumatik

<table>
<tr><th>Tabel Kebenaran</th><th>Persamaan</th><th>Simbol</th></tr>
<tr><td>
<table>
<tr><th>S1</th><th>S2</th><th>H1</th></tr>
<tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr>
<tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr>
</table>
</td><td>$(S1 \wedge S2) \vee (\overline{S1} \wedge \overline{S2}) = H1$</td><td>S1
S2
=
H1</td></tr>
</table>

Realisasi Fungsi Equivalence dengan pneumatik :

Dengan rangkaian menggunakan katup-katup :

- Shuttle Valve
- two pressure valve
- 5/2

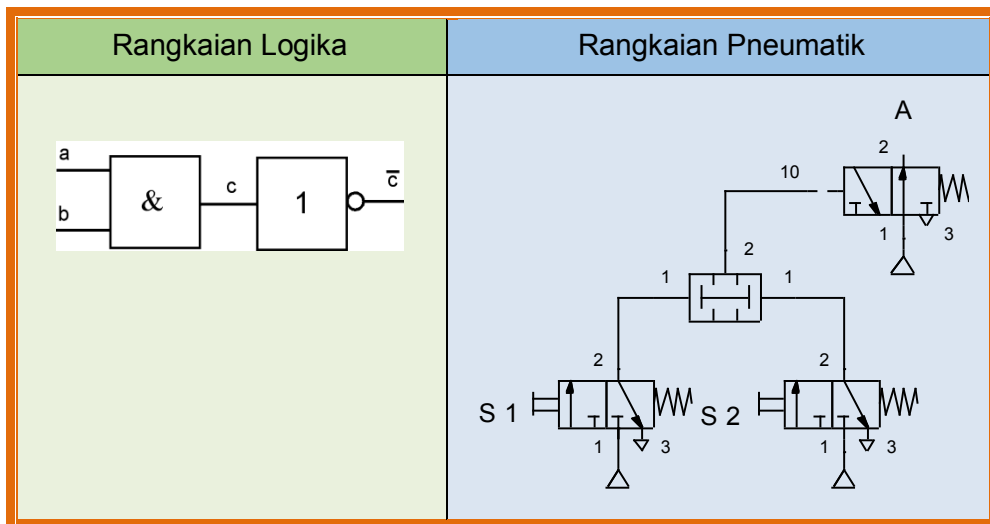
B.5 Realisasi Rangkaian Logika NAND dengan Pneumatik

Tabel Kebenaran	Persamaan	Simbol
(lihat tabel di bawah)	$\overline{S1 \wedge S2} = H1$	S1, S2, &, H1

S1	S2	H1
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Realisasi Fungsi NAND dengan pneumatik :

Dengan rangkaian menggunakan katup-katup :

- two pressure valve
- katup 3/2 normal terbuka (NO), pengaktifan pneumatik dan pengembalian pegas.

B.6 Realisasi Rangkaian Logika NOR dengan Pneumatik

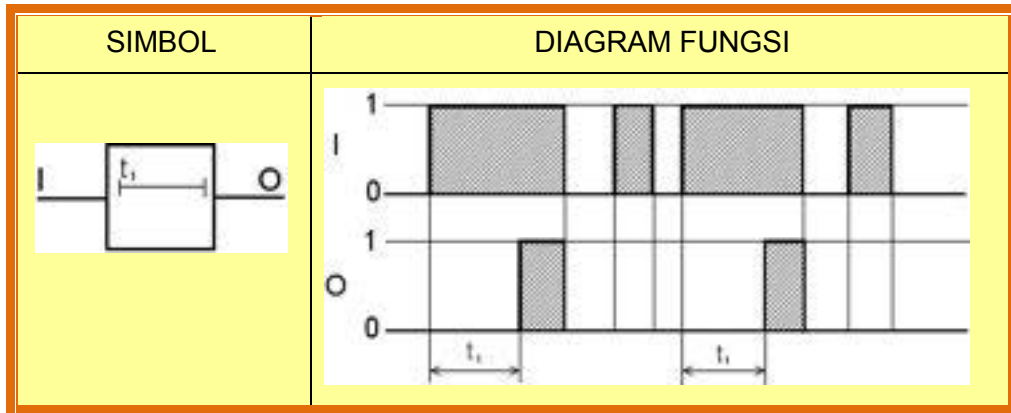
<table>
<tr><th>Tabel Kebenaran</th><th>Persamaan</th><th>Simbol</th></tr>
<tr><td>
<table>
<tr><th>S1</th><th>S2</th><th>H1</th></tr>
<tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr>
<tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr>
</table>
</td><td>$\overline{S1 \vee S2} = H1$</td><td>S1
S2
≥1
H1</td></tr>
</table>

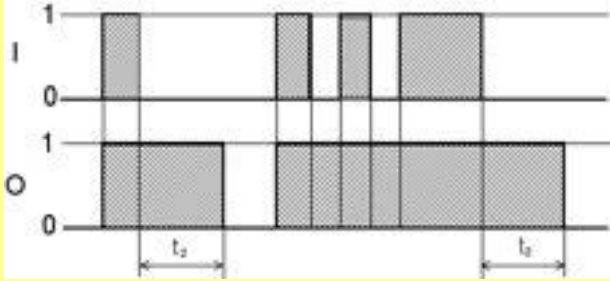
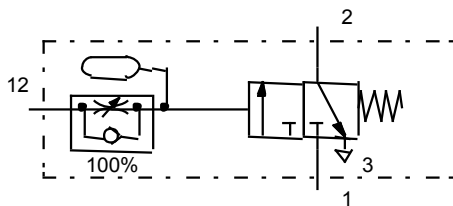
Realisasi Fungsi NOR dengan pneumatik :

Dengan rangkaian menggunakan katup-katup :

- Shuttle Valve
- katup 3/2 normal terbuka (NO), pengaktifan pneumatik dan pengembalian pegas.

C. Realisasi TIMER (TUNDA WAKTU) dengan pneumatik

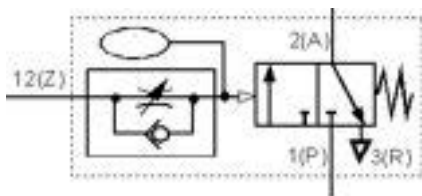
C.1 Realisasi TIMER On-Delay dengan pneumatik

a. Realisasi Timer Delay “ON“ dengan pneumatik :

Dengan katup tunda waktu, normal tertutup (NC).

Simbol:

Jika tekanan yang diperlukan pada lubang kontrol 12 telah tercapai, katup 3/2 aktif dan aliran bebas melalui lubang 1 ke 2. Tunda “ON”.

C.2 Realisasi TIMER (TUNDA WAKTU) Off-Delay dengan pneumatik

Realisasi Timer Delay “OFF“ dengan pneumatik:

Dengan katup 3/2 normal tertutup (NC), katup kontrol aliran satu arah dan tangki udara kecil.

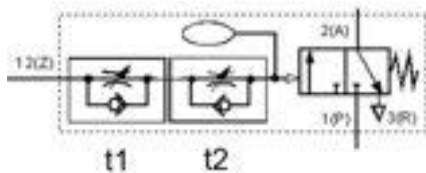
Simbol:

Jika tekanan diberikan pada lubang kontrol 12, katup 3/2 langsung aktif dan aliran bebas melalui lubang 1 ke 2. Jika tekanan pada lubang kontrol 12 dihilangkan, udara pada tangki udara tidak langsung habis keluar melainkan dihambat oleh katup kontrol aliran, sehingga katup 3/2 masih aktif sampai tekanan udara pada tangki menurun. Tunda „OFF“.

C.3 Realisasi TIMER (TUNDA WAKTU) On-Off-Delay dengan pneumatik

SIMBOL	DIAGRAM FUNGSI

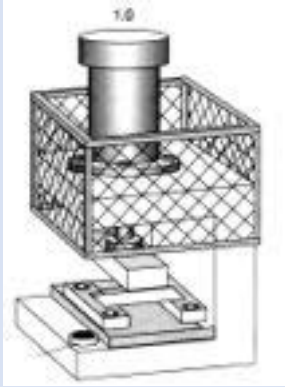
Realisasi Timer Delay “ON” dan “OFF“ dengan pneumatik:

Dengan katup 3/2 normal tertutup (NC), dua buah katup kontrol aliran satu arah dan tangki udara kecil.

Simbol:

Jika tekanan diberikan pada lubang kontrol 12, udara masuk tangki diatur oleh katup aliran t1, katup 3/2 tidak langsung aktif. Tunda „ON“.

Jika tekanan pada lubang kontrol 12 dihilangkan, udara pada tangki udara tidak langsung habis keluar melainkan dihambat oleh katup kontrol aliran t2, sehingga katup 3/2 masih aktif sampai tekanan udara pada tangki menurun. Tunda „OFF“

4.3.3 Rangkuman

4.3.4 Tugas

<table>
<tr><td>TUGAS</td></tr>
<tr><td>
Amati dan perhatikan gambar sketsa sistem kontrol mesin pres disamping!

Deskripsi Masalah:

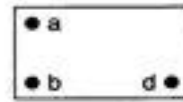
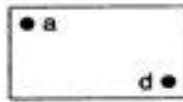
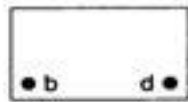
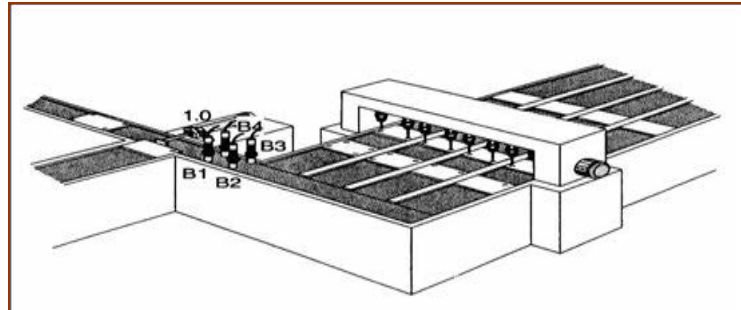
Plat akan ditekuk menjadi bentuk U oleh alat tekuk yang digerakkan oleh sebuah silinder kerja ganda. Dengan menekan salah satu katup tombol tekan (S1) atau katup pedal kaki (S2) dan benda ada di tempat yang akan dideteksi oleh katup rol (S3), maka satu potong plat akan ditekuk. Tombol dilepas alat tekuk kembali ke posisi semula.

Bertanyalah kepada narasumber terhadap beberapa istilah/konsep/problem yang menjadi permasalahan.

Kumpulkan informasi dan analisislah dengan menjawab pertanyaan berikut ini:

1. Temukan tabel kebenaran dan persamaan fungsinya!
2. Gambar rangkaian logika dan
3. Realisasi kontrol dengan pneumatik.
4. Jika dikehendaki dengan menekan S1 atau S2 sesaat, maka silinder maju hingga maksimal dan berhenti, kemudian untuk mengembalikan ke posisi semula dengan menekan katup tombol S4 (NO). Buatlah rangkaian kontrolnya menggunakan katup pneumatik!
5. Buatlah resume dan dokumentasikan dalam bentuk laporan.
</td></tr>
<tr><td>PETUNJUK KERJA</td></tr>
<tr><td>
1. Tugas dikerjakan secara berkelompok, pilih ketua dan sekretaris.
2. Rencanakan persiapan untuk presentasi hasil diskusi kelompok dengan membuat file-powerpoint. Pilih petugas yang akan mempresentasikan di depan kelas.
3. Berdasarkan hasil diskusi kelompok, masing-masing anggota kelompok membuat laporan dan dikumpulkan kepada Guru Mapel.
</td></tr>
</table>

3.1.5 Tes Formatif

1. Perhatikan soal berikut!

Mesin dilengkapi 4 sensor, jika benda dengan pola lobang seperti diatas terdeteksi, maka mesin akan mensortirnya yang dilakukan oleh sebuah silinder kerja ganda.

Tugas:

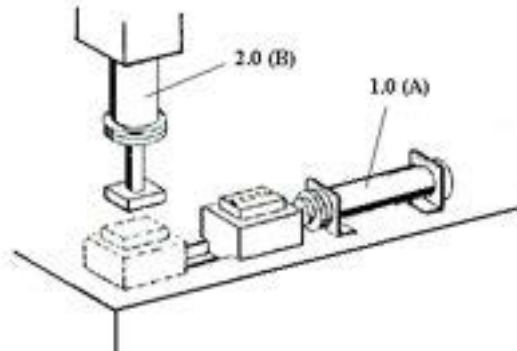
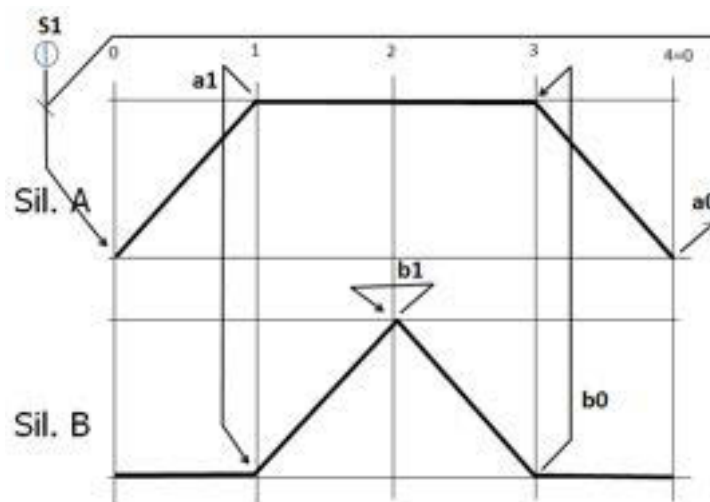
a. Tulis tabel kebenaran dan persamaannya.

b. Gambar rangkaian logikanya.

c. Gambarkan realisasi fungsi tersebut dengan pneumatik.

d. Jelaskan secara singkat cara kerja rangkaian pneumatik.

2. Perhatikan gambar dibawah! Cara kerja mesin tekuk berikut ini dijelaskan dengan diagram langkah.

   Gambar Layout

   Gambar Diagram Langkah

Tugas :

a. Buatlah flowchartnya (chart fungsi).

b. Gambarkan realisasi dengan pneumatik.

c. Jelaskan secara singkat cara kerja rangkaian.

3.1.6 Lembar Jawaban Tes Formatif

3.1.7 Lembar Kerja Peserta Didik

BAB V
SENSOR

5.1 Kegiatan Belajar 11: Sensor Bekerja dengan Kontak/Sentuhan

5.1.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah selesai mempelajari materi ini, peserta didik dapat:

g. Menjelaskan pentingnya sensor dalam sistem kontrol
h. Menjelaskan jenis-jenis kontak pada sensor yang bekerja tanpa sentuhan
i. Menjelaskan cara identifikasi nomor kontak pada sensor
j. Menggambarkan simbol sensor limitswitch
k. Menjelaskan cara kerja sensor limitswitch
l. Menjelaskan prinsip kerja kontak-bouncing
m. Menjelaskan rating-electric pada sensor limitswitch
n. Menjelaskan sambungan beban pada sensor limitswitch
o. Menggambarkan contoh rangkaian kontrol dengan sensor limitswitch

5.1.2 Uraian Materi

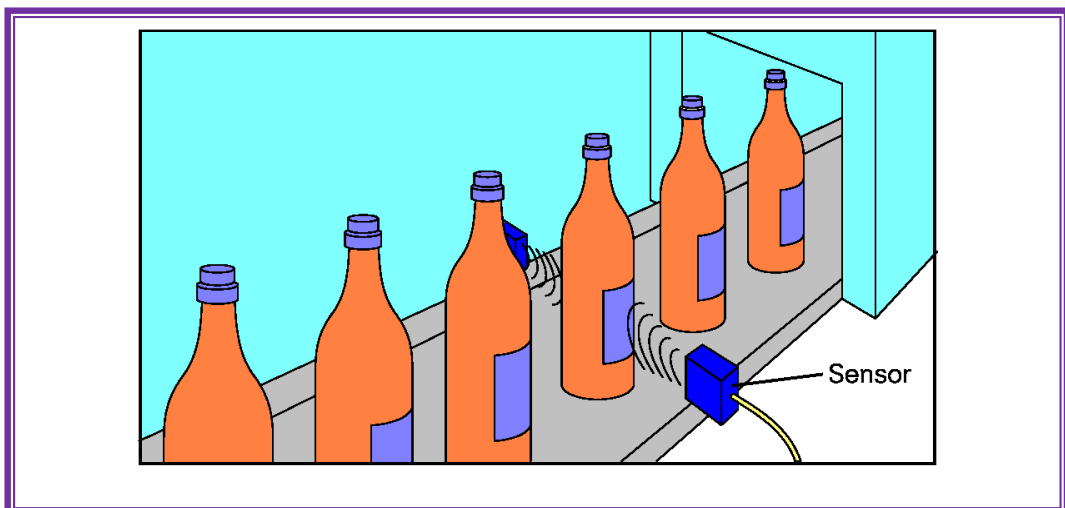
SENSOR BEKERJA TANPA KONTAK/SENTUHAN

A. Pengantar

A.1 Pentingnya Sensor

Perangkat otomatisasi yang digunakan untuk realisasi teknik kontrol dari suatu proses seperti hardware, software PLC atau mikrokontroler hanya dapat berjalan dengan baik jika data proses yang dibutuhkan dapat diperoleh secara valid, misal informasi seperti suhu, jarak tempuh, atau kecepatan sudut.

Satu jenis umpan balik yang seringkali dibutuhkan sistem kontrol industri adalah posisi satu atau lebih komponen operasi yang akan dikontrol. Sensor adalah piranti yang digunakan untuk menyediakan informasi ada tidaknya benda. Sensor memberikan informasi proses kontrol dan regulasi dari proses.

Gambar 4.1 Deteksi Posisi sistem conveyor-overhead dengan sensor

Gambar 4.2 Ilustrasi fungsi sensor

Informasi proses dari proses produksi, teknik proses atau bidang otomasi lainnya biasanya tidak hadir sebagai besaran listrik, melainkan sebagai jarak suatu lintasan, sudut, tekanan atau tingkat, juga sebagai kuantitas fisik. Dengan demikian agar proses dapat berjalan secara otomatis, maka kuantitas fisik harus diukur.

Sensor mendeteksi kuantitas fisik besaran non-listrik dan mengubahnya menjadi besaran listrik seperti tegangan. Sebuah ukuran yang umum digunakan adalah arus listrik (misalnya 4 mA ... 20 mA).

Besaran Fisika	Deteksi	Proses	Pengiriman	Besaran Listrik
Panjang, jarak Peregangan Waktu Massa Suhu Pencahayaan Kecepatan Kecepatan sudut Momen Tekanan Ketebalan lapisan		Dengan menggunakan prinsip-prinsip fisik yang berbeda, konversi berlangsung di dalamnya		Tegangan Energi Resistansi Kapasitansi Kekuatan medan listrik Kualitas osilasi sirkuit

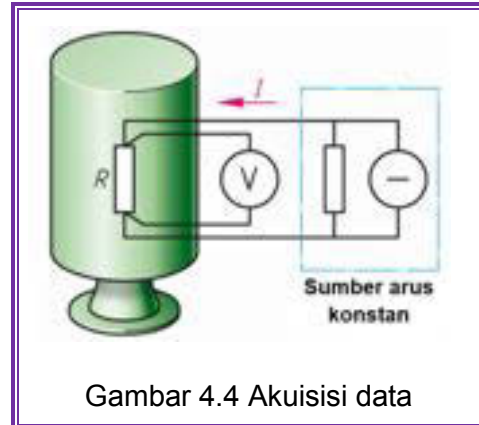
Gambar 4.3 Konversi besaran ukur

Contoh: Mengukur besaran fisik non-listrik

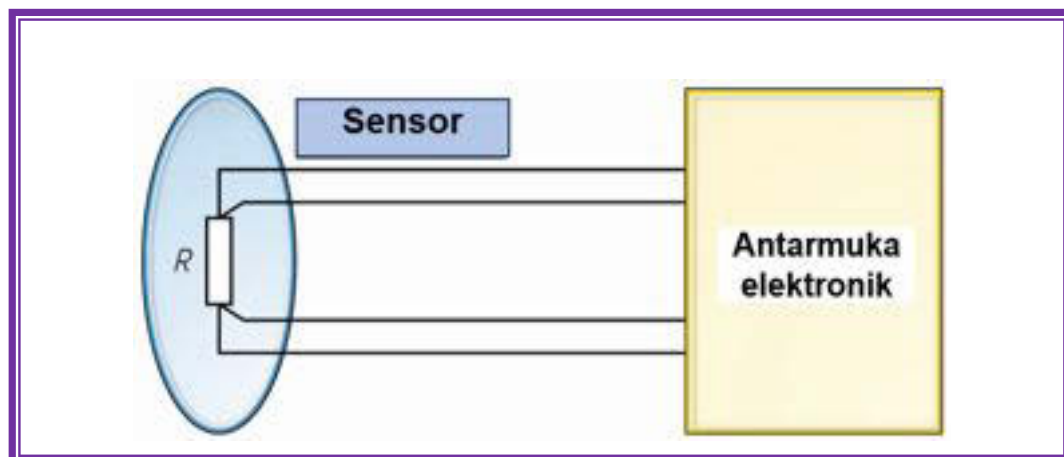
- Tugas Mengukur:

  Dalam sistem tangki, suhu cairan dalam tangki yang akan diukur.
- Objek Mengukur : cairan
- Pengukuran : suhu cairan
- Prinsip Fisik:

  Ketergantungan resistansi R ohmic dari logam (penelitian) terhadap suhu.

Gambar 4.4 Akuisisi data

Realisasi prinsip:

Mengukur drop tegangan pada resistor R, yang selalu dialiri arus yang sama terlepas dari nilai resistansinya.

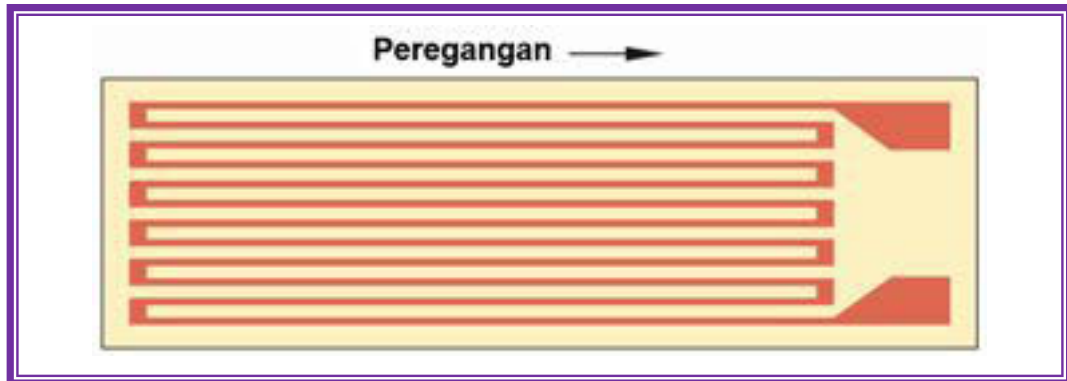
Transduser terdiri dari sensor dan antarmuka (interface) elektronik.

Gambar 4.5 Transduser

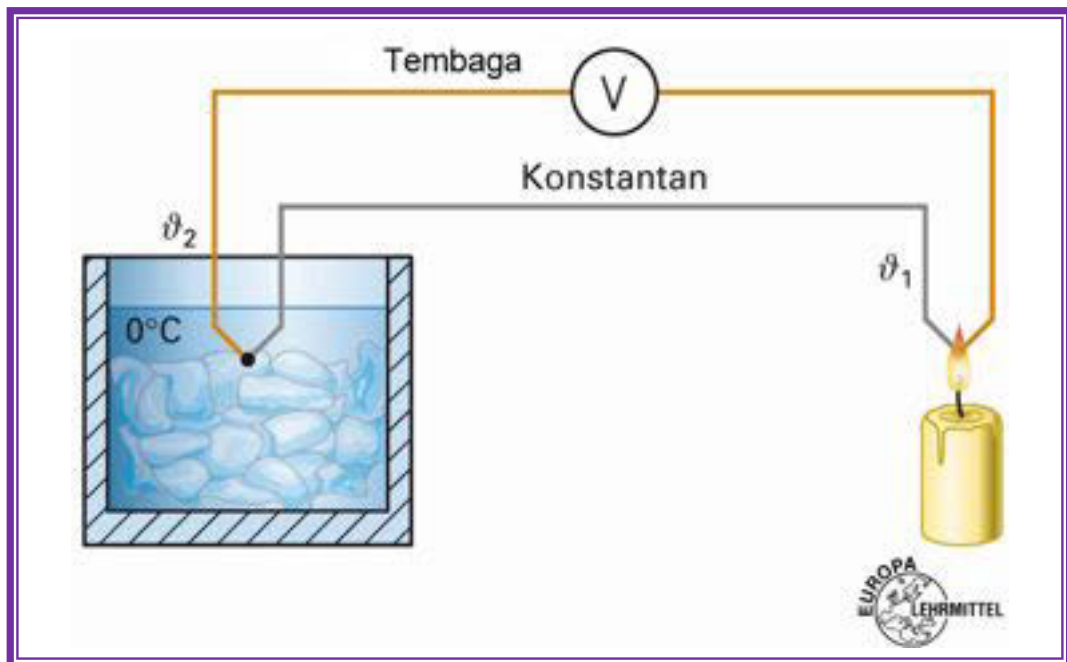
Jenis sensor

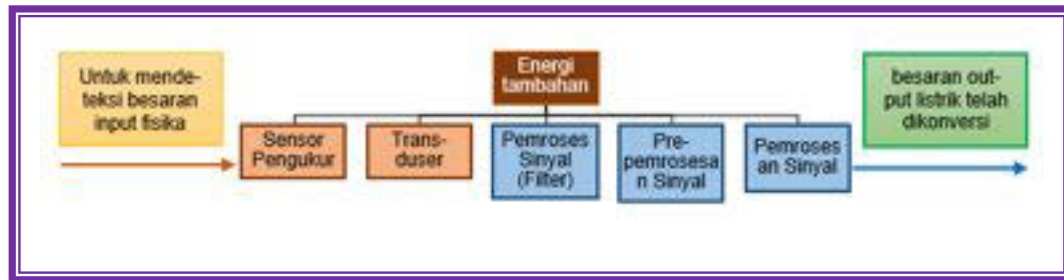
Untuk mengukur variabel proses fisik yang berbeda, ada dua jenis sensor yang digunakan sebagai berikut:

1. Sensor pasif
2. Sensor aktif

Sensor pasif memiliki impedansi dalam bentuk tahanan, induktansi, kapasitansi, atau kombinasi diantaranya yang berubah besarannya untuk dideteksi.

Sensor pasif memerlukan catu daya untuk menghasilkan sinyal listrik.

Gambar 4.6 Sensor pasif, strain gauge

Sensor aktif membentuk besaran fisik non-listrik yang diukur langsung menjadi sinyal listrik.

Gambar 4.7 Sensor aktif, thermocouple

Sensor aktif adalah konverter energi yang tidak memerlukan energi tambahan. Pada prinsipnya sensor terdiri dari dua komponen, yaitu elemen sensor dan komponen pemrosesan sinyal, yang akan mengubah sinyal dari elemen sensor menjadi sinyal output listrik.

Gambar 4.8 Konstruksi sensor

Penjelasan Istilah

Sensor:	Sebutan lainnya adalah sensor, sensor pengukur, detektor, instrumen transformer, transmitter atau transduser
Inisiator:	Sakelar proksimiti
Saklar proksimiti:	Sensor yang hanya menghasilkan sinyal perpindahan
Elemen sensor:	Ini adalah bagian dari sebuah sensor yang mendeteksi nilai terukur, namun, tidak ada pemrosesan sinyal dilakukan
Sistem multi-sensor:	Sebuah sistem sensor terdiri dari beberapa sensor yang sama atau berbeda atau elemen sensor tanpa bekerja bersama-sama. Sebagai contoh, sistem multi-sensor yang digunakan untuk mendeteksi cetakan.

Sekilas sensor biner

Dalam Gambar diatas berbagai besaran non-listrik telah didaftar, yang dapat dideteksi oleh sensor. Dalam sistem mekatronika harus ditentukan, misalnya, jika sebuah objek telah jatuh di bawah jarak tertentu, apakah pengukuran dengan jarak langsung, atau apakah cairan di atas level tertentu dalam sebuah wadah. Di sisi lain, juga untuk memeriksa apakah benang dipotong, atau jika alat pemotong tidak terkelupas atau pecah di mesin CNC. Untuk menangkap semua informasi maka digunakan berbagai sensor ini.

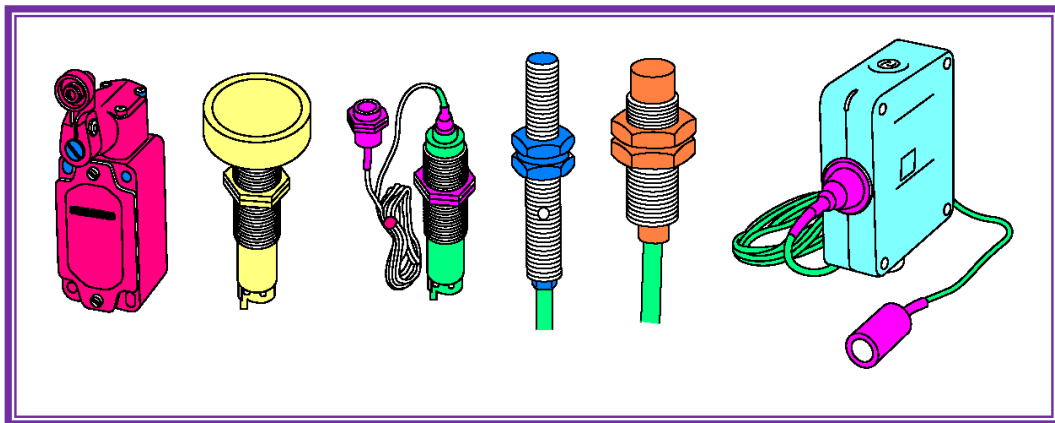
Sensor dapat secara luas diklasifikasikan menjadi:

- sensor Binary (sinyal output berupa sinyal ON/OFF, tegangan 0 V/24 V, arus 0 mA/20 mA)
- sensor Digital (mendeteksi numerik jarak, misalnya sensor perpindahan inkremen)
- sensor Analog (deteksi variabel dependen-waktu seperti suhu, tekanan, pengukuran ketebalan)

Tabel 4.1 Ikhtisar sensor-sensor biner

Jenis Sensor	Operasi tanpa kontak fisik	Prinsip Fisika	Apa yang dicatat, diukur?
Limit switch	Tidak, sentuhan sakelar	Kontak melalui sistem tuas	Jarak, level, tekanan
Sensor induktif	Ya	Sensor menghasilkan medan magnet liar. Bahan penghantar listrik yang masuk ke area ini, dipengaruhi medan magnet dan memicu operasi switching.	Jarak benda di atas atau di bawah.
Sensor kapasitif	Ya	Sensor menghasilkan medan listrik liar yang tergantung dari konstanta dielektrik objek yang masuk ke dalam area sensor, kapasitansi dari elemen sensor berubah, dan memicu operasi switching. Sensor kapasitive juga bereaksi pada logam.	Jarak dari objek diatas atau di bawah, mendeteksi apakah terdapat benda dalam area sensor, mendeteksi apakah terdapat logam.
Sensor fotoelektrik Through beam, Retro reflective	Ya	Gangguan sinar pada fotosel; Mendeteksi jumlah cahaya yang dipantulkan dari objek pada sensor cahaya.	Mendeteksi apakah objek dalam ruang tertentu, jarak benda terlampaui atau dibawah, Tingkat yang dicapai, Benda kerja mesin, misalnya, Lubang yang disediakan.
Sensor ultrasonik	Ya	Dengan emisi pulsa akustik pendek, yang tercermin dari objek, dengan mengukur waktu propagasi jarak objek dapat dihitung.	Mendeteksi apakah objek dalam ruang tertentu, jarak objek terlampaui atau dibawah, tingkat yang dicapai.
Detektor inframerah pasif	Ya	Akuisisi dan analisis radiasi termal pada batas toleransi dari benda.	Mendeteksi apakah objek dalam jangkauan deteksi.

Hal ini mengejutkan bahwa semua sensor yang tercantum di sini kecuali limit switch mekanik, bekerja tanpa kontak (tidak langsung menyentuh objek sensor). Namun demikian limit switch mekanik, dalam instalasi industri masih menjadi variabel penting karena memiliki banyak keuntungan, diantaranya harga relatif murah dan tak dapat dipengaruhi oleh medan eksternal. Karena tidak memerlukan daya tambahan, limit switch bisa digunakan di mana saja.

Produk-produk sensor yang terdiri dari limit switch, induktif, kapasitif, ultrasonik dan sensor photoelektrik dikemas dalam berbagai konfigurasi.

Gambar 4.9 Berbagai jenis sensor

A.2 Teknologi

Limit switch menggunakan input aktuator mekanik, diperlukan sensor untuk merubah outputnya jika sebuah objek secara fisik menyentuh sakelar. Sensor, seperti halnya photoelektrik, induktif, kapasitif, dan ultrasonik, merubah outputnya jika sebuah objek ada, tetapi tanpa menyentuh sensor. Disamping itu, keuntungan dan kerugian dari setiap jenis sensor ini, berbeda teknologi sensornya adalah lebih baik untuk aplikasi tertentu. Perhatikan tabel berikut.

Tabel 4.2 Perbandingan jenis-jenis sensor

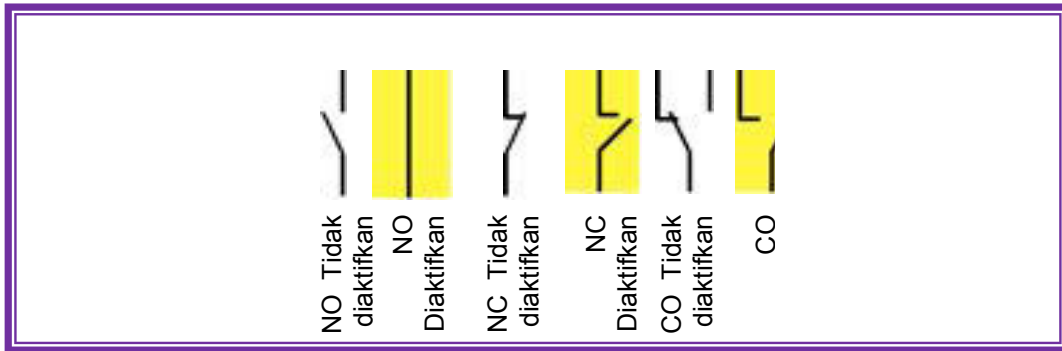
Sensor	Keuntungan	Kerugian	Aplikasi
Limit switch	• Kemampuan arus tinggi • Harga murah • Familier sensor teknologi sederhana	• Dibutuhkan kontak fisik dengan target • Respon sangat rendah • Daya pental	• *Interlocking* • Sensor posisi akhir dari suatu pergerakan

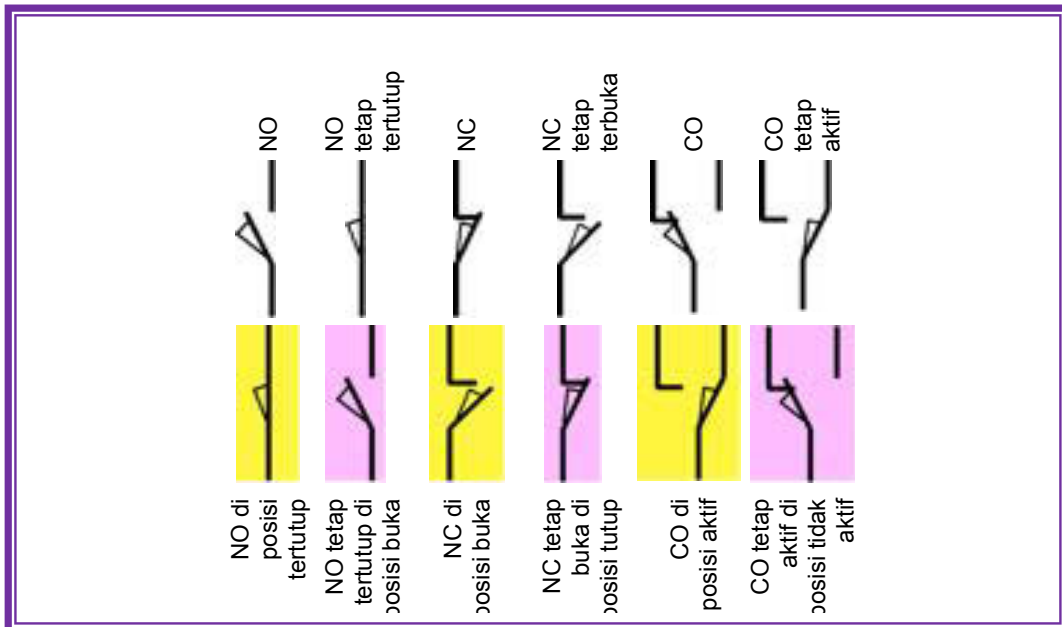
Sensor	Keuntungan	Kerugian	Aplikasi
		kontak	
Induktif	• Ketahanan terhadap pengaruh lingkungan • Sangat antisipatif • Usia pemakaian • Mudah menginstal	• Terbatasnya jarak deteksi	• Mesin dan industri • Alat-alat mesin • Menyensor target dari logam
Kapasitif	• Mendeteksi melalui beberapa wadah • Dapat mendeteksi target bukan logam	• Sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan yang ekstrim	• Menyensor level/ketinggian
Ultrasonik	• Menyensor semua material	• Resolusi • Keajegan • Sensitiv terhadap perubahan suhu	• Anti tubrukan • Pintu • Rem web • Kontrol level
Reedswitch	• Menyensor medan magnet pada piston silinder • Daerah penyensoran lebar	• Kemampuan arus kontak yang rendah • Pengaruh medan magnet luar	• Deteksi posisi silinder kerja
Photoelektrik	• Menyensor semua jenis material • Usia pemakaian • Daerah penyensoran lebar • Waktu respon sangat cepat	• Kontaminasi pada lensa subyek • Daerah penyensoran dipengaruhi warna dan daya pantul target	• Paking • Handling material • Deteksi benda kerja

A.3 Susunan kontak

Kontak-kontak tersedia dalam beberapa konfigurasi. Kontak bisa *normally open* (NO), *normally closed* (NC), atau kombinasi dari kontak NO dan NC, serta kontak change over (CO).

Simbol rangkaian digunakan untuk menunjukkan jalur terbuka atau tertutup dari aliran arus listrik. Kontak-kontak dibawah sebagai NO atau NC. Metode standar penunjukan kontak adalah dengan indikasi kondisi rangkaian yang dihasilkan jika piranti aktuasi kontak tidak aktif atau dalam keadaan tidak beroperasi.

Untuk tujuan penjelasan dalam buku ini, kontak atau piranti yang ditunjukkan dalam keadaan aktif (kebalikan dari keadaan normal), akan diberi tanda blok. Simbol-simbol yang diblok digunakan untuk menyatakan keadaan sebaliknya dari kontak atau piranti, bukan simbol resmi. Tanda/simbol yang digunakan dalam kondisi ini hanya untuk tujuan penjelasan.

Gambar 4.10 Jenis-jenis kontak

Limit switch mekanis (tangkai), menggunakan simbol yang berbeda. Simbol yang diblok digunakan hanya untuk tujuan ilustrasi.

Gambar 4.11 Limit switch dengan berbagai jenis kontak, diaktuasi secara mekanik

A.4 Identitas Kontak

Untuk mempermudah cara identifikasi kontak pada elemen kontrol, maka pada terminal kontak ditandai dengan nomor, yang disusun sebagai berikut:

Nomor kontak tunggal/pole tunggal

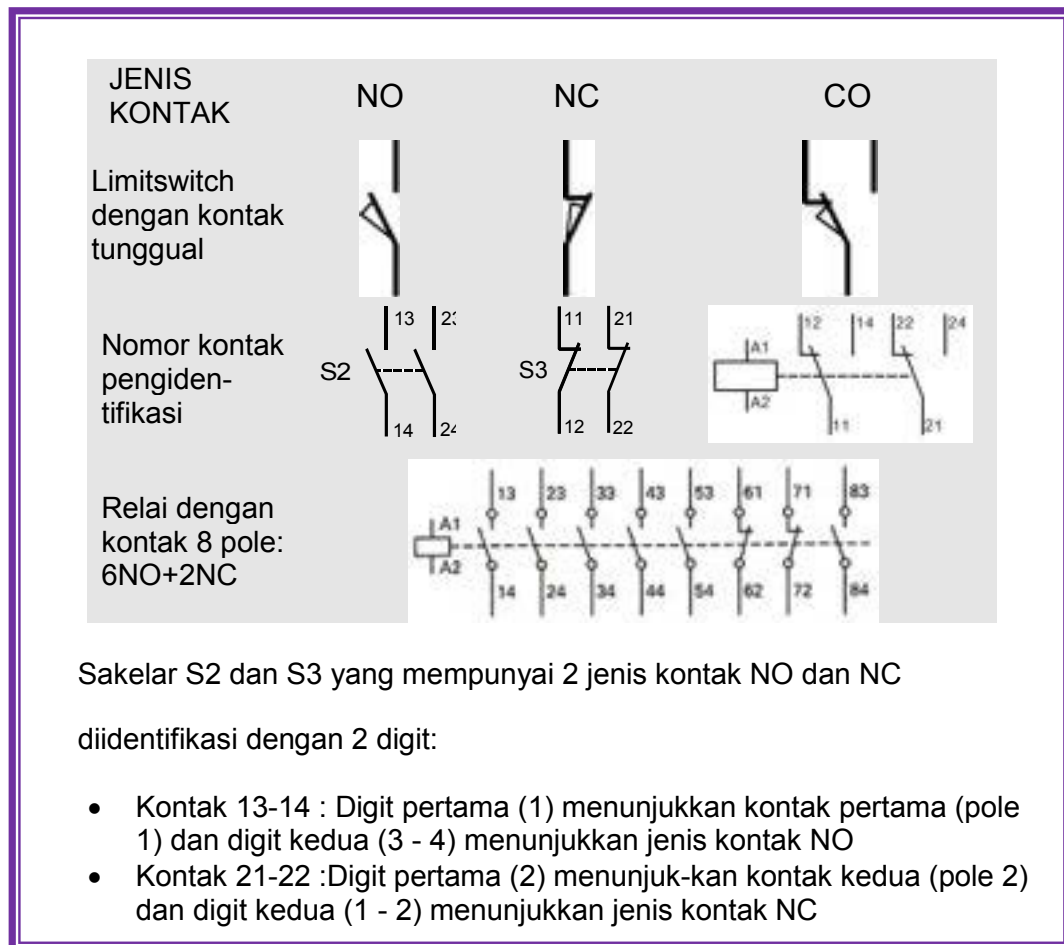
JENIS KONTAK	NC	NO	CO
Limitswitch dengan kontak tunggual			
Nomor kontak pengidentifikasi	1, 2	3, 4	2, 4, 1

Gambar 4.12 Nomor identitas kontak tunggal

Nomor kontak lebih dari satu/pole banyak

Sakelar S2 dan S3 yang mempunyai 2 jenis kontak NO dan NC

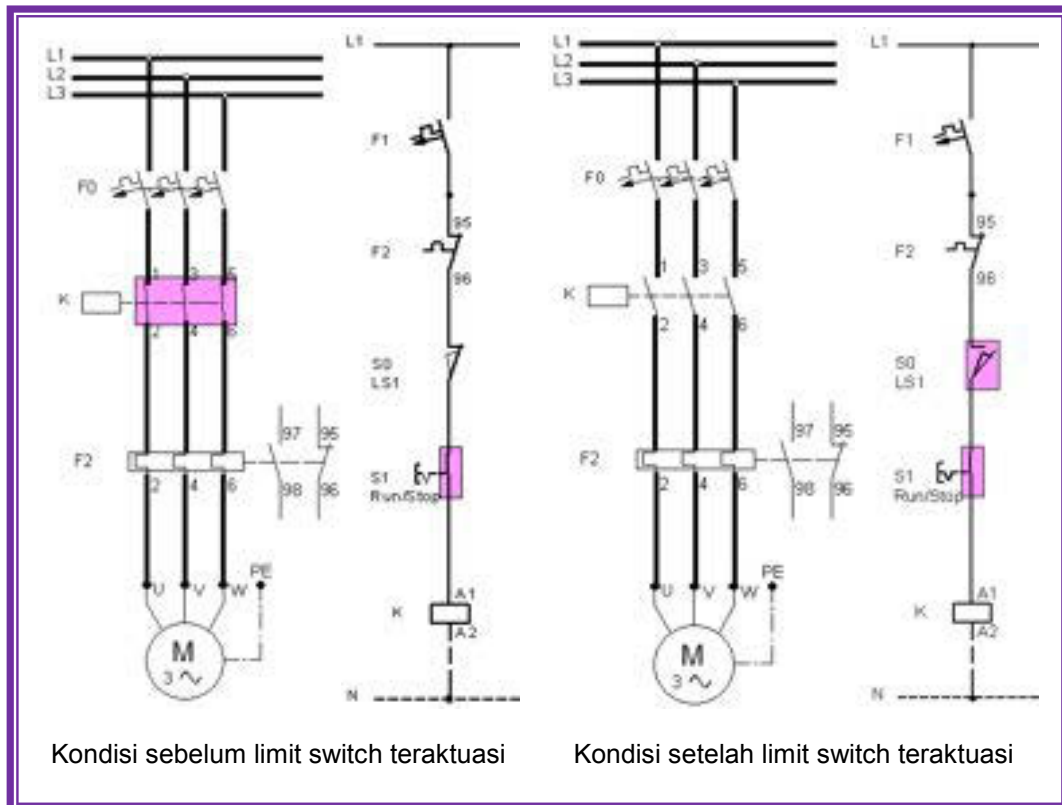
diidentifikasi dengan 2 digit:

- Kontak 13-14 : Digit pertama (1) menunjukkan kontak pertama (pole 1) dan digit kedua (3 - 4) menunjukkan jenis kontak NO
- Kontak 21-22 :Digit pertama (2) menunjuk-kan kontak kedua (pole 2) dan digit kedua (1 - 2) menunjukkan jenis kontak NC

Gambar 4.13 Nomor identitas kontak banyak pole

A.5 Contoh Rangkaian

Dalam diagram berikut limit switch mekanik (LS1) telah dirangkai secara seri dengan kontak Run/Stop dan koil kontaktor K. Jika kontak Run/Stop dalam kondisi Run maka motor berjalan. Motor dapat menggerakkan konveyor atau piranti lain. Ingat bahwa kontak K dan Run/Stop digambar dalam blok, menunjukkan bahwa kontak K adalah kontak NO dalam posisi tertutup. LS1 adalah kontak NC dari limit switch mekanik.

Kondisi sebelum limit switch teraktuasi

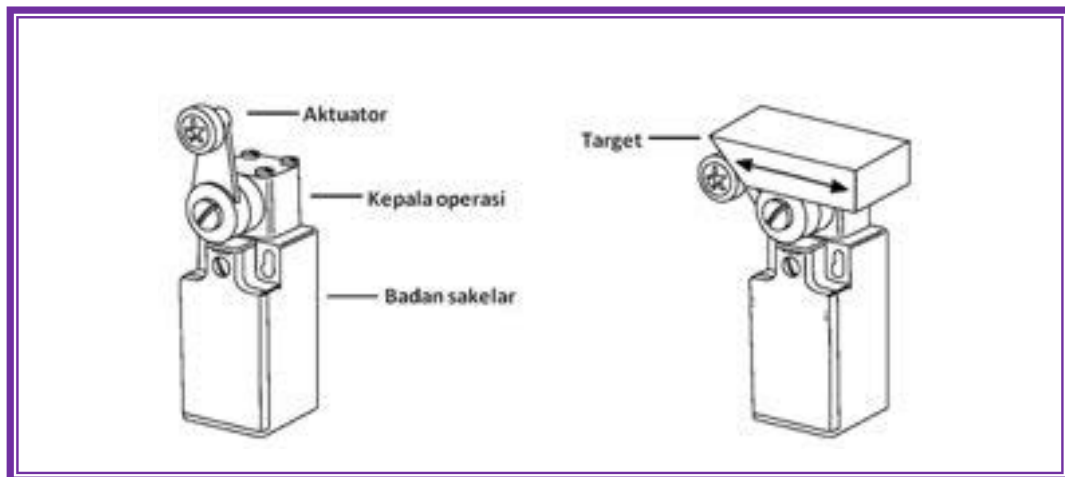
Kondisi setelah limit switch teraktuasi

Gambar 4.14 Rangkaian kontrol dengan limit switch mekanis

Ketika objek membuat kontak dengan limit switch mekanis, kontak LS1 akan berubah kondisinya. Dalam hal ini kontak NC LS1 membuka. Simbol limit switch mekanis diblok. Koil kontaktor K tidak aktif, kontak NO kontaktor K kembali ke posisi normalnya, dan menghentikan motor dan proses.

B. Limit switch (Sakelar batas/sakelar posisi)

Limit switch biasanya terdiri dari badan sakelar dan kepala operasi. Bodi sakelar meliputi kontak elektrik untuk mengaktifkan dan me-non-aktifkan rangkaian. Kepala operasi menggabungkan beberapa jenis lengan tuas atau plunger, sebagai sebuah aktuator.

Gambar 4.15 Limit switch dengan variasi aktuator

Limit switch standar adalah piranti mekanis yang menggunakan kontak fisik untuk mendeteksi ada tidaknya objek (target). Jika target datang dalam kontak dengan aktuator, aktuator berputar dari posisi normalnya ke posisi operasi. Operasi mekanis ini mengaktifkan kontak dalam badan sakelar.

Gambar 4.16 Bagian-bagian limit switch

B.1 Prinsip operasi

Sejumlah istilah harus dipahami untuk mengerti bagaimana limit switch mekanis beroperasi. Posisi bebas adalah posisi aktuator ketika tidak ada gaya luar yang bekerja padanya.

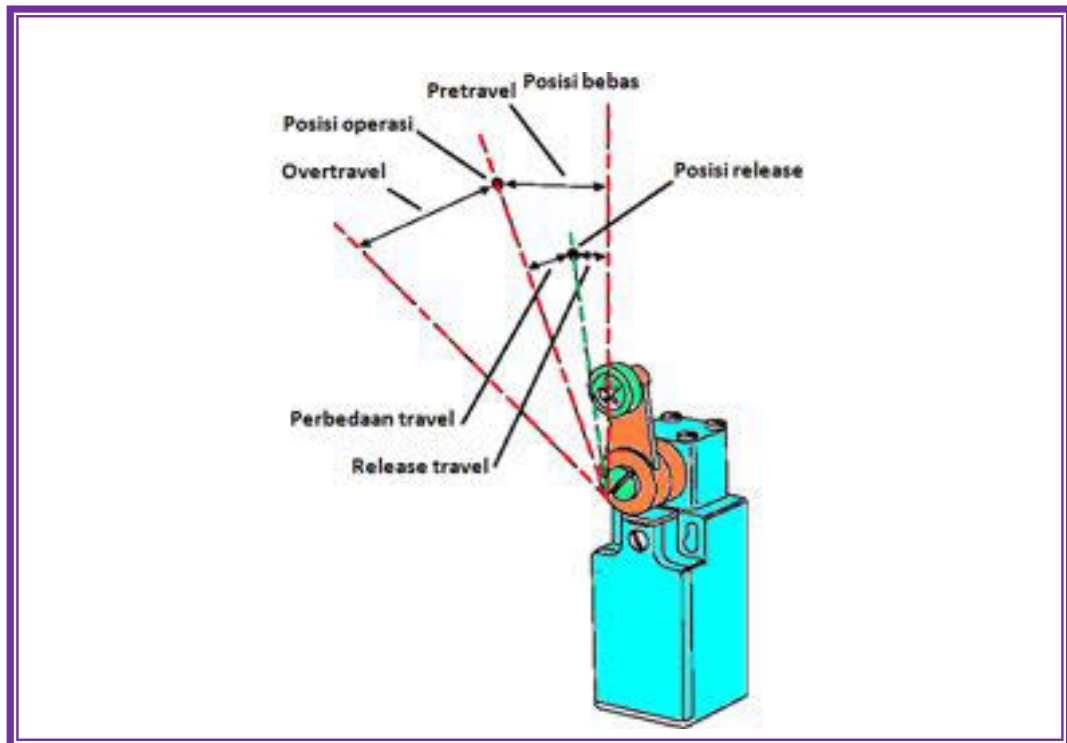
Pretravel adalah jarak atau sudut lintasan dalam gerakan aktuator dari posisi bebas ke posisi operasi.

Posisi operasi adalah posisi dimana kontak dalam limit switch berubah dari keadaan normalnya (NO atau NC) ke keadaan operasinya.

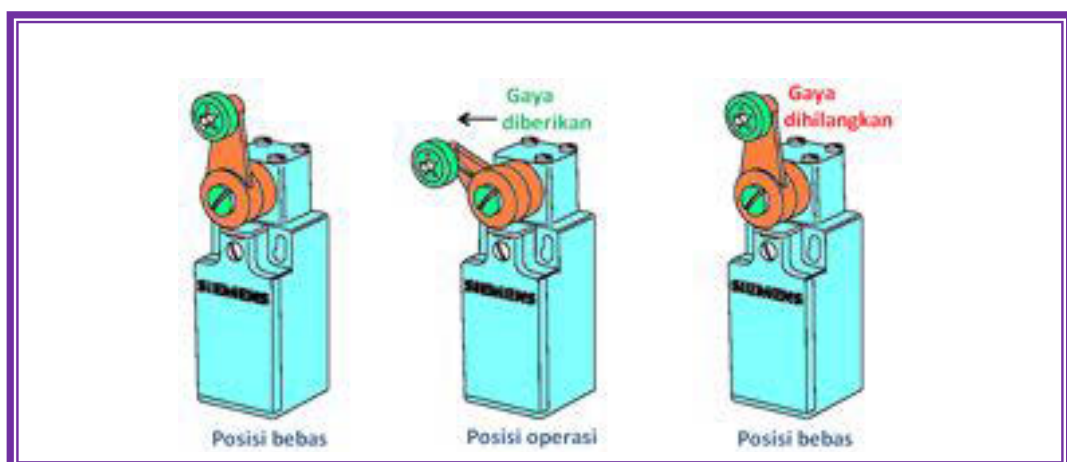
Overtravel adalah jarak aktuator dapat bergerak dengan aman melebihi titik operasi.

Perbedaan *travel* adalah jarak gerak antara posisi operasi dan posisi *release*.

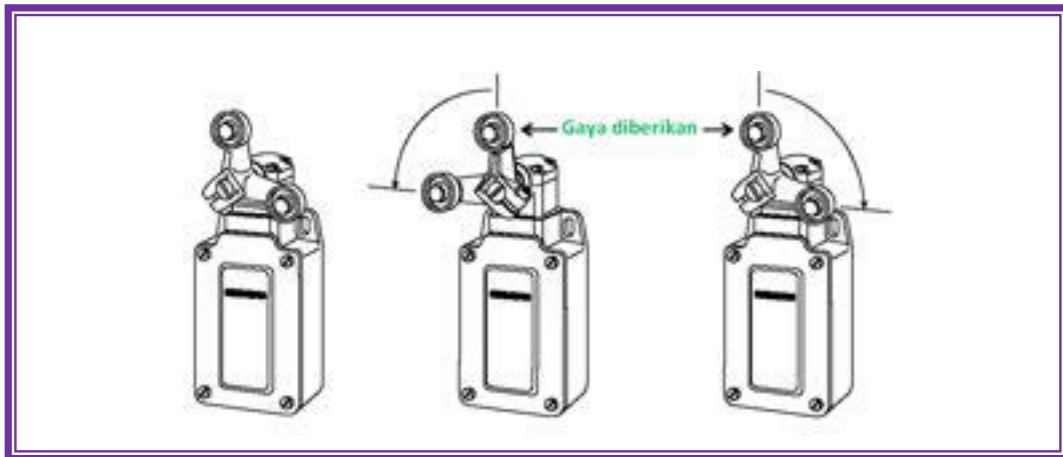
Posisi *release* adalah posisi dimana kontak berubah dari keadaan operasinya ke keadaan normalnya.

Release travel adalah jarak gerakan dari posisi release ke posisi bebas.

Gambar 4.17 Beberapa posisi dalam limit switch

B.2 Operasi sebentar

Satu jenis dari operasi aktuator adalah operasi sebentar. Jika target datang dalam kontak dengan aktuator, ia memutar aktuator dari posisi bebas, melalui pretravel area menuju posisi operasi. Pada titik ini kontak elektrik di dalam bodi sakelar berubah keadaan. Pegas mengembalikan tuas aktuator dan kontak elektrik ke posisi bebasnya jika aktuator tidak lagi dalam kontak dengan target.

Gambar 4.18 Operasi sebentar dalam limit switch

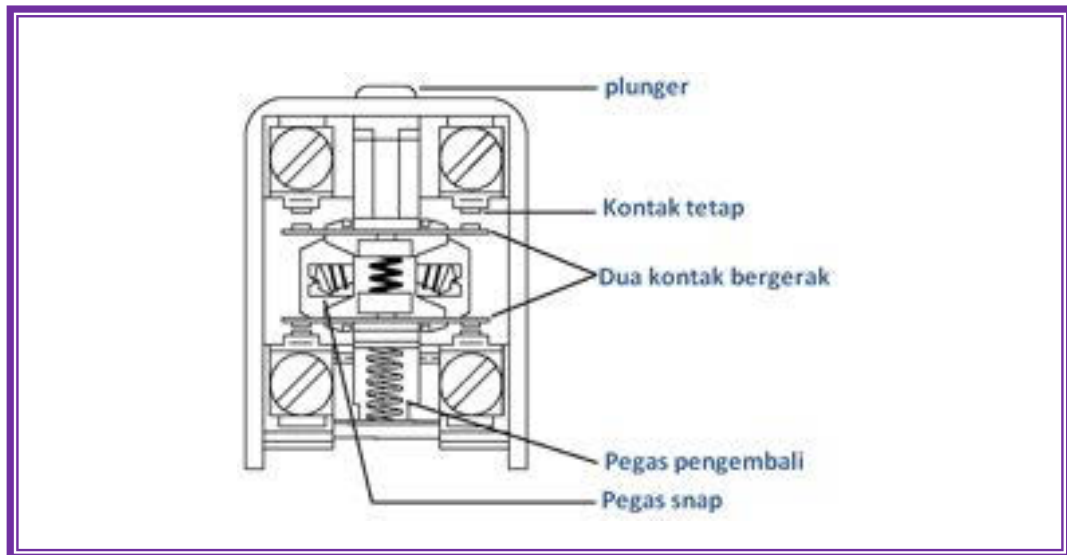
B.3 Operasi dipertahankan

Dalam beberapa aplikasi diperlukan untuk mempertahankan tuas aktuator dan kontak elektrik dalam keadaan operasi setelah aktuator tidak lagi kontak dengan target. Ini dikenal sebagai operasi dipertahankan. Dengan operasi ini tuas aktuator dan kontak kembali ke posisi bebas jika gaya gaya diberikan ke aktuator dalam arah berlawanan. Aktuator jenis cabang biasanya digunakan untuk aplikasi ini.

Gambar 4.19 Operasi dipertahankan dalam limit switch

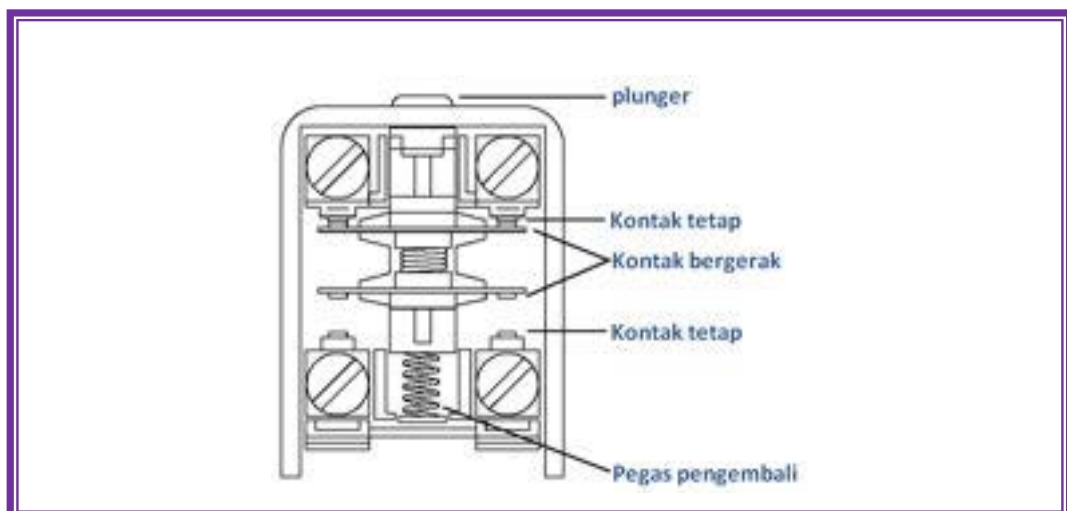
B.4 Kontak snap-action

Ada dua jenis kontak, snap-action dan slow-break. Kontak snap-action membuka atau menutup dengan aksi snap (menjentik) tanpa menghiraukan kecepatan aktuator. Jika gaya diberikan ke aktuator dalam arah travel, tekanan muncul dalam pegas snap.

Jika aktuator mencapai posisi operasi travel, kecepatan kontak dapat bergerak dari posisi normalnya menuju posisi kontak tetap. Karena gaya dihilangkan dari aktuator, maka dia kembali ke posisi bebasnya. Jika aktuator mencapai posisi muncul, mekanisme pegas mempercepat kontak bergerak kembali ke keadaan aslinya.

Oleh karena pembukaan dan penutupan kontak tidak tergantung pada kecepatn aktuator, kontak snap-action lebih cocok untuk aplikasi kecepatan aktuator rendah. Kontak snap-action adalah jenis kontak yang paling banyak digunakan.

Gambar 4.20 Kontak snap-action

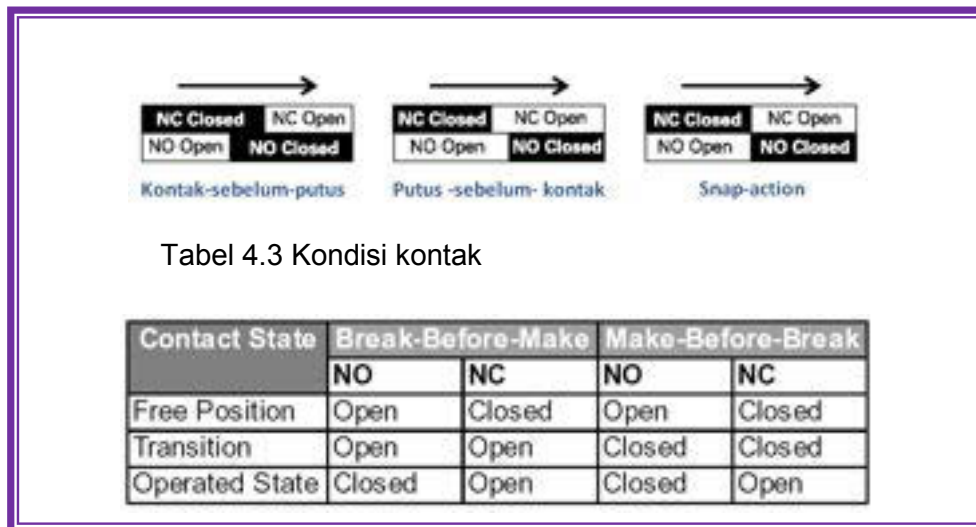
B.5 Kontak slow-break

Sakelar dengan kontak slow-break mempunyai kontak yang dapat bergerak yang ditempatkan di dalam slid dan bergerak searah dengan aktuator. Ini menjamin kontak yang dapat bergerak diberi gaya searah dengan aktuator. Kontak slow-break dapat putus-sebelum-kontak atau kontak-sebelum-putus.

Gambar 4.21 Kontak slow-break

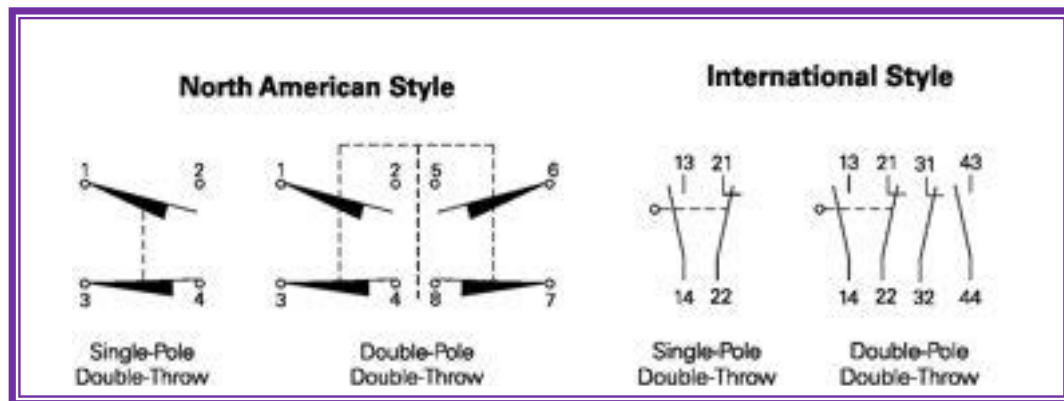
Dalam sakelar slow-break dengan kontak putus-sebelum-kontak, kontak NC membuka sebelum kontak NO menutup. Ini memungkinkan pemutusan salah satu fungsi sebelum sambungan fungsi lain dalam urutan kontrol.

Dalam sakelar slow-break dengan kontak kontak-sebelum-putus, kontak NO menutup sebelum kontak NC mebuka. Ini memungkinkan inisiasi salah satu fungsi sebelum fungsi lain terputus.

Tabel 4.3 Kondisi kontak

Contact State	Break-Before-Make		Make-Before-Break	
	NO	NC	NO	NC
Free Position	Open	Closed	Open	Closed
Transition	Open	Open	Closed	Closed
Operated State	Closed	Open	Closed	Open

B.6 Susunan kontak

Ada dua konfigurasi kontak dasar digunakan dalam limit switch: single-pole double-throw (SPDT) dan double-pole double-throw (DPDT). Terminologi ini dapat membingungkan jika dibandingkan dengan terminologi yang sama untuk sakelar lain atau kontak relai, sehingga perhatikan penjelasan berikut.

Kontak SPDT terdiri dari 1 kontak NO dan 1 kontak NC. Susunan kontak DPDT terdiri dari 2 kontak NO dan 2 kontak NC. Ada beberapa perbedaan dalam simbol yang digunakan Amerika Utara dan simbol Internasional untuk limit switch. Berikut ini ilustrasinya.

Gambar 4.22 Simbol limit switch versi Amerika Utara dan Internasional

B.7 Rating elektrik

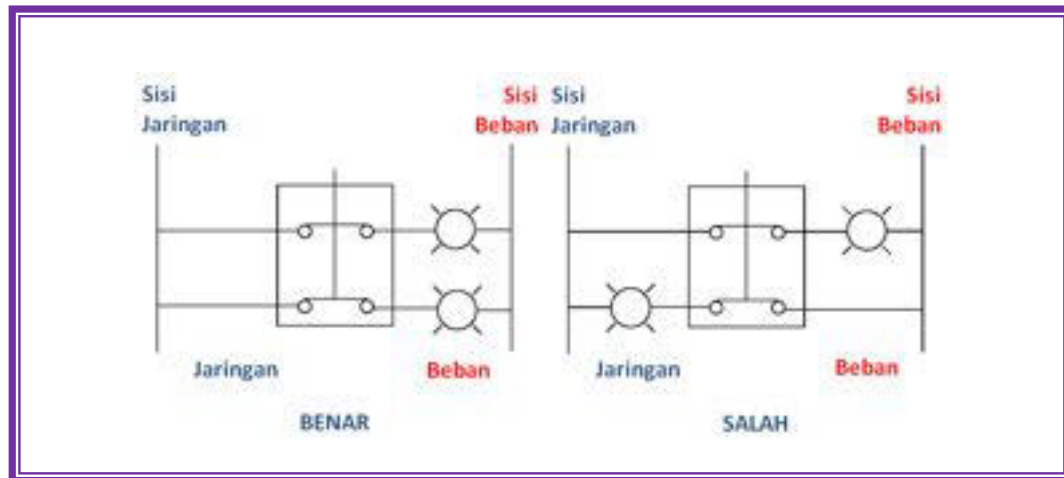
Kontak-kontak dinilai sesuai dengan tegangan dan arus. Rating (nilai) biasanya dijelaskan sebagai rating induktif. Beban induktif yang lazim adalah koil relai atau kontaktor. Ada tiga komponen rating induktif:

Make, yaitu beban sakelar dapat masuk jika kontak mekanis tertutup. Ini dikaitkan dengan aliran arus masuk (inrush). Ini biasanya dua siklus atau kurang.

Break, yaitu beban sakelar dapat masuk jika kontak mekanik terbuka. Ini adalah arus sakelar maksimum kontinyu.

Continuous, yaitu beban dimana sakelar dapat masuk tanpa beban tersambung atau terputus.

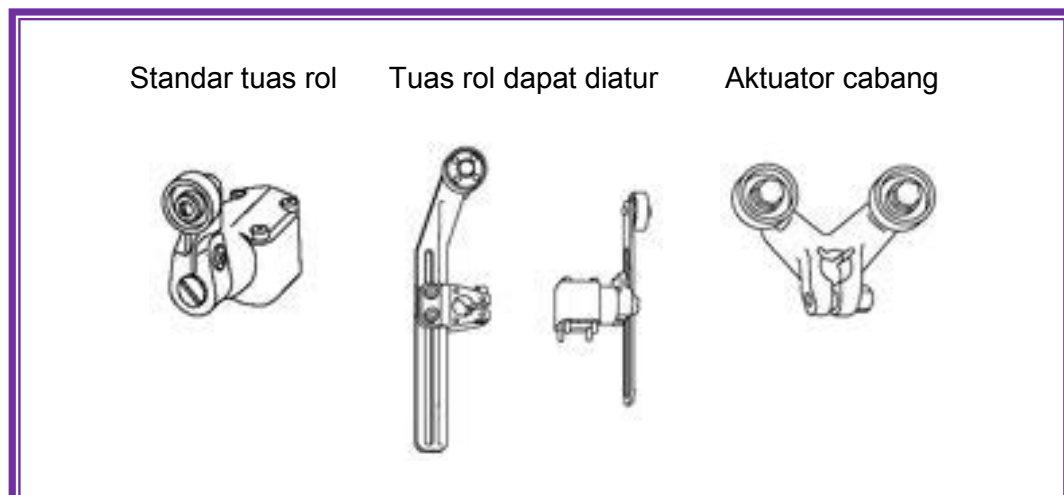
B.8 Sambungan beban

Penjagaan harus dilakukan untuk menjamin bahwa rangkaian beban pada satu sakelar tersambung dengan baik. Cara yang benar untuk menyambung sakelar adalah sedemikian rupa sehingga beban disambung ke sisi beban dari sakelar.

Gambar 4.23 Sambungan ke beban

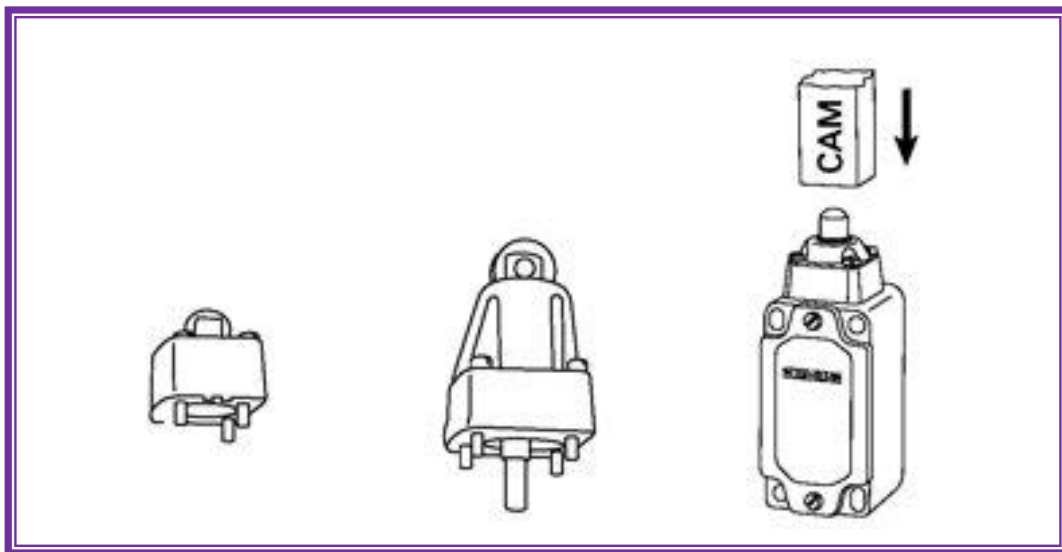
B.9 Aktuator

Beberapa jenis aktuator tersedia untuk limit switch. Aktuator yang diperlihatkan dibawah disajikan bagi Anda dengan pengetahuan dasar dari berbagai jenis yang ada. Jenis-jenis aktuator dipilih tergantung pada aplikasinya. Beberapa jenis aktuator diantaranya adalah:

- Roller lever (tuas rol)
- Fork (cabang)

Standar rol digunakan untuk kebanyakan aplikasi tuas rotari. Ini tersedia dalam berbagai ukuran panjang. Jika panjang tuas rol tidak diketahui, panjang tuas yang dapat diatur juga tersedia.

Gambar 4.24 Berbagai jenis aktuator

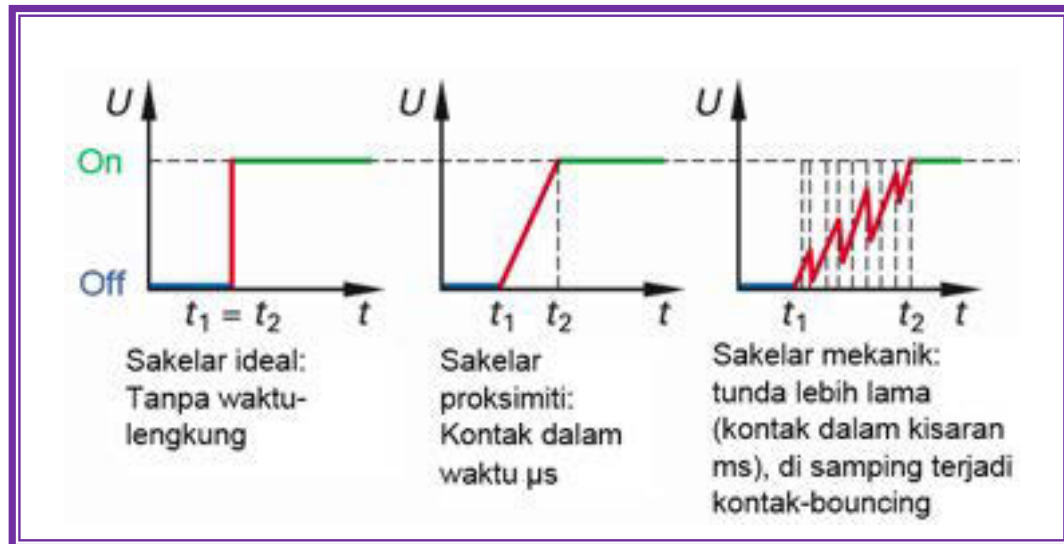
Aktuator jenis cabang harus direset secara fisik setelah setiap operasi dan secara ideal cocok untuk kontrol gerakan memotong.

Aktuator jenis plunger adalah pilihan yang baik dimana gerakan mesin yang dikontrol adalah pendek, atau dimana ruang atau dudukan tidak memungkinkan aktuator jenis tuas. Plunger dapat diaktifkan dalam arah gerak plunger, atau pada sudut kanan ke aksisnya.

Gambar 4.25 Aktuator jenis plunger dan posisi CAM

Pertimbangan dudukan. Jika menggunakan bidang dan aktuator sisi plunger, cam harus dioperasikan dalam garis dengan aksis batang tekan. Pertimbangan harus diberikan sedemikian rupa sehingga tidak melebihi spesifikasi overtravel. Disamping itu, limit switch tidak boleh digunakan sebagai pemberhenti mekanis untuk cam. Jika menggunakan rol top plunger, pertimbangan yang sama harus diberikan seperti ketika menggunakan aktuator lengan tuas.

B.10 Kontak Bouncing

Semua sakelar mekanis bouncing (lompat/pental). Ini berarti bahwa elemen switching dari limit switch dalam operasi untuk penutupan berulang kali membuka dan menutup. Hal ini disebabkan aksi semi kontak. Untuk kontrol langsung dengan relai, hal ini tidak masalah. Sebagai input PLC dengan melalui filter, memiliki konstanta waktu dari 5 milidetik ... 20 ms dan waktu-bouncing limit

switch jauh di bawah 5 ms, sehingga dapat dihubungkan ke input PLC tanpa ragu-ragu. Namun, untuk input counter kontak-bouncing PLC menyebabkan kesalahan hitung.

Gambar 4.26 Kontak-bouncing

5.1.3 Rangkuman

5.1.4 Tugas

1. Jelaskan singkatan NC dan NO!
2. Apa yang dimaksud dengan sensor bekerja dengan kontak/sentuhan?
3. Jelaskan carakerja limitswitch!
4. Jelaskan istilah kontak “snap-action” dan “slow-break” pada limitswitch!
5. Ketika pada aplikasi apa mekanik limit switch selalu diperlukan?
6. Berikan contoh-contoh lain dari penggunaan saklar batas sebagai pengaman!
7. Untuk sambungan ke beban menggunakan limitswitch, faktor apa yang harus diperhatikan?
8. Apa yang dimaksud dengan kontak-bouncing? Jelaskan!

5.1.5 Tes Formatif

5.1.6 Lembar Jawaban Tes Formatif

5.1.7 Lembar Kerja Peserta Didik

5.2 Kegiatan Belajar 12: Sensor Proksimiti Induktif

5.2.1 Tujuan Pembelajaran

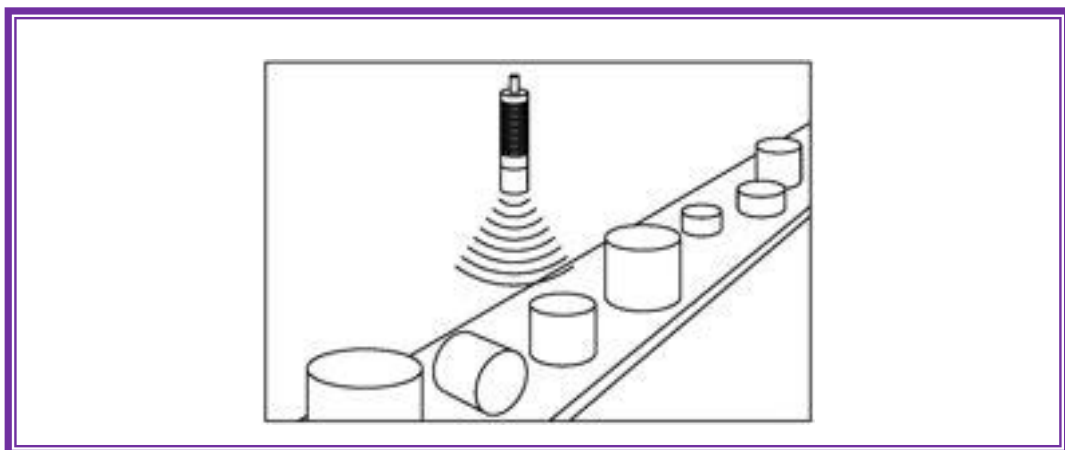
Setelah selesai mempelajari materi ini, peserta didik dapat:

a. Mengidentifikasi sensor proksimiti induktif
b. Menggambarkan simbol sensor proksimiti induktif
c. Menjelaskan cara kerja sensor proksimiti induktif
d. Menjelaskan konfigurasi output pada sensor proksimiti induktif
e. Menjelaskan rating-electric pada sensor proksimiti induktif
f. Menjelaskan sambungan beban pada sensor proksimiti induktif
g. Menjelaskan keutungan dan kerugian sensor proksimiti induktif
h. Menghitung faktor koreksi pada sensor proksimiti induktif
i. Menggambarkan contoh rangkaian kontrol dengan sensor proksimiti induktif
j. Menyambung sensor seri dan paralel
k. Mengukur karakteristik sensor proksimiti induktif untuk logam yang berbeda dan jarak penyensoran yang bervariasi

5.2.2 Uraian Materi

SENSOR PROKSIMITI INDUKTIF

C. Sensor Proksimiti

Sensor proximiti beroperasi tanpa kontak mekanik. Aplikasi dibawah ini adalah contoh penggunaan sensor proksimiti untuk menentukan jika ada botol di posisi kanan konveyor.

Gambar 4.27 Contoh aplikasi sensor proksimiti

Jenis-jenis sensor proksimiti

Ada beberapa jenis sensor proximity: induktif, kapasitif, dan ultrasonik. Disamping itu ada reedswitch (sensor induktif-magnet), yang termasuk dalam kategori sensor induktif khusus, dan ada sensor photo-elektrik.

Sensor proksimiti induktif menggunakan medan elektromagnet untuk mendeteksi keberadaan objek logam. Sensor proksimiti kapasitif menggunakan medan elektrostatik untuk mendeteksi keberadaan objek apapun. Sensor proksimiti ultrasonik menggunakan gelombang suara untuk mendeteksi keberadaan objek.

Sensor proksimiti reedswitch menggunakan medan magnet untuk mengaktifkan bulu-bulu kontak di dalam sensor. Jika sensor didekati dengan medan magnet, maka dia akan aktif yang ditandai dengan tersambungnya bulu-bulu kontak di dalam sensor, demikian sebaliknya jika medan magnet menjauh darinya, maka sensor kembali ke posisi normalnya. Sensor ini digunakan untuk mendeteksi posisi silinder (minimal, maksimal, tengah), yaitu silinder yang dilengkapi dengan magnet permanen di dalamnya.

Sensor photo-elektrik bereaksi pada perubahan kuantitas cahaya yang diterimanya. Beberapa sensor photoelektrik bahkan dapat mendeteksi warna tertentu.

Tabel 4.4 Ikhtisar sensor

Sensor	Objek yang dideteksi	Teknologi
Proksimiti Induktif	Logam	Medan elektromagnet
Reed-switch	Magnet	Medan magnet
Proksimiti Kapasitif	Semua jenis	Medan elektrostatik
Proksimiti Ultrasonik	Semua jenis	Gelombang suara
Photo-elektrik	Semua jenis	Cahaya

C.1 Sensor Proximity Induktif

C.1.1 Teori Operasi

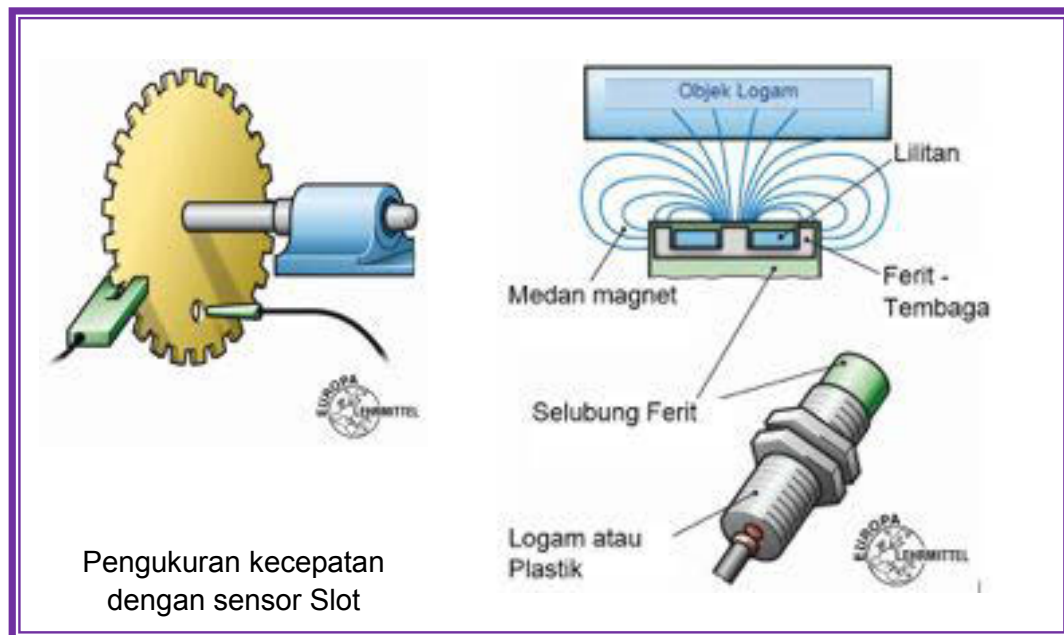
C.1.1.1 Simbol

Sensor proksimiti induktif tersedia dalam berbagai macam ukuran dan konfigurasi untuk memenuhi berbagai macam aplikasi. Sensor tertentu dapat dijelaskan lebih detail pada bagian berikut.

Gambar 4.28 Sensor proksimiti induktif

C.1.1.2 Kumparan elektromagnet dan target logam

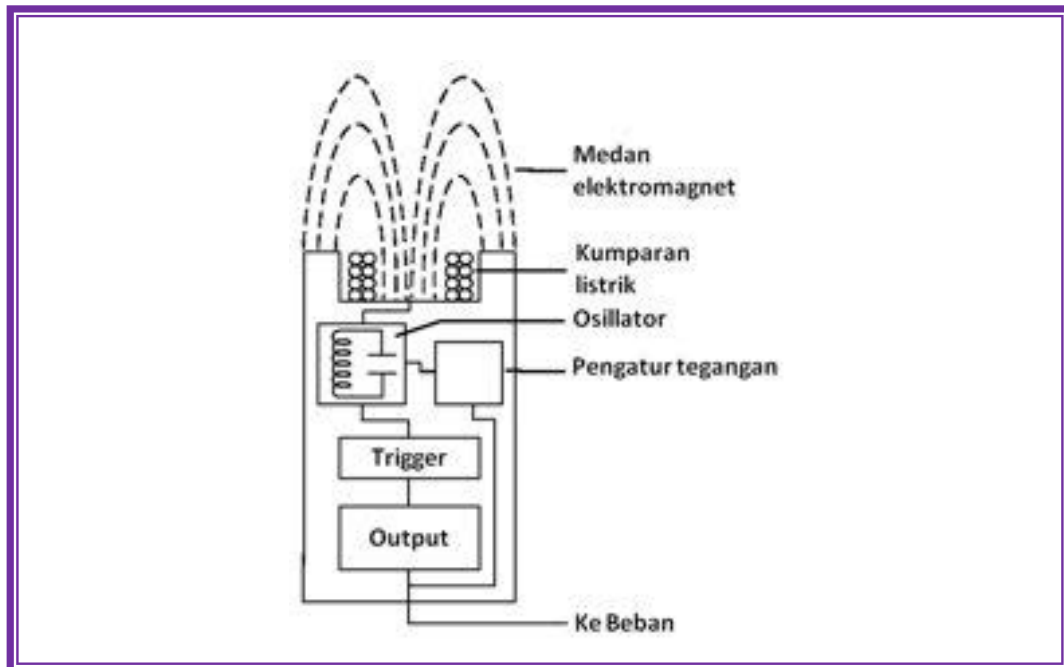
Sensor menggabungkan kumparan elektromagnet yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek logam konduktif. Sensor akan mengabaikan keberadaan objek yang bukan dari logam. Sensor induktif adalah saklar elektronik non-kontak. Sensor induktif digunakan untuk mendeteksi logam dan grafit. Sensor digunakan, antara lain, untuk kecepatan pemantauan dan kecepatan pengukuran, sensing posisi akhir dan keran-pulsa putaran mesin.

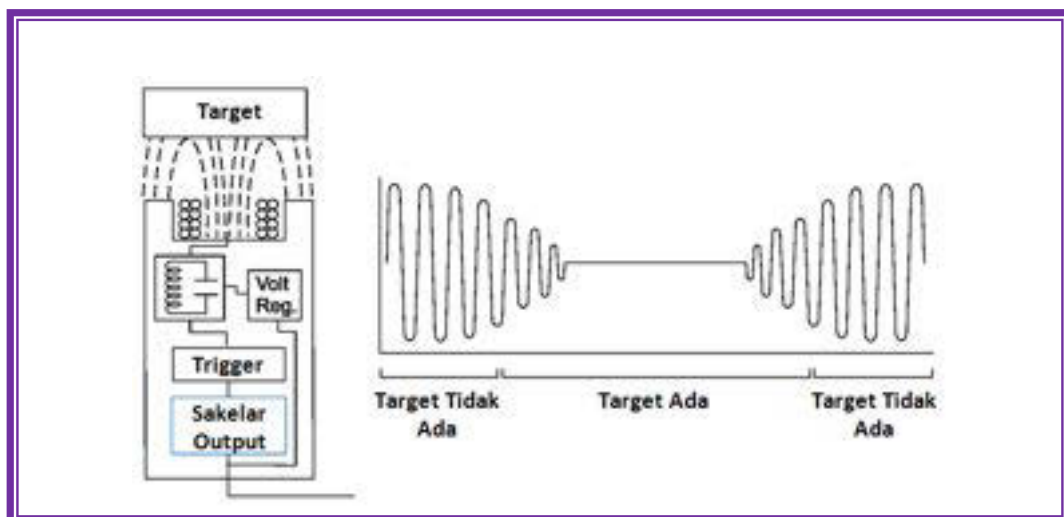
Pengukuran kecepatan dengan sensor Slot

Gambar 4.29 Cara deteksi sensor proksimiti induktif

C.1.1.3 *Eddy current killed oscillator* (ECKO)

Sebagian sensor proksimiti induktif dioperasikan menggunakan prinsip *eddy current killed oscillator* (ECKO). Sensor jenis ini memiliki empat elemen: kumparan, osilator, rangkaian trigger, dan sebuah output.

Osilator adalah rangkaian pengatur kapasitif induktif yang menimbulkan frekuensi radio. Medan elektromagnet yang dihasilkan oleh osilator dipancarkan dari kumparan dari permukaan sensor. Rangkaian mempunyai umpan balik yang cukup dari medan untuk menjaga osillator tetap berjalan.

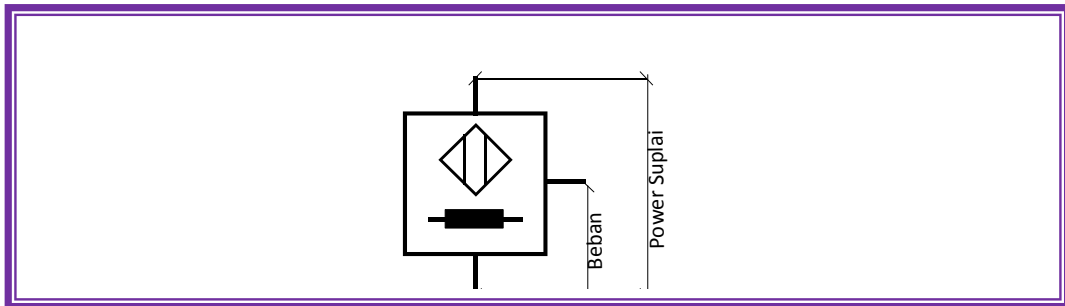
Jika target logam masuk dalam medan magnet, arus eddy bersirkulasi di dalam target. Hal ini menyebabkan beban pada sensor, sehingga mengurangi amplitudo medan elektromagnet. Karena target mendekati sensor arus eddy meningkat, terjadi peningkatan beban pada osilator dan selanjutnya terjadi penurunan amplitudo medan.

Gambar 4.30 Prinsip kerja eddy current killed oscillator

Rangkaian trigger memantau amplitudo osilator dan pada level penetapan sebelumnya mengubah keadaan output sensor dari kondisi normal (on atau off). Karena target bergerak menjauh dari sensor, amplitudo osilator meningkat. Pada level penetapan sebelumnya trigger mengubah keadaan output sensor kembali ke kondisi normalnya (on atau off).

Gambar 4.31 Efek keberadaan target pada sensor proksimiti induktif

C.1.1.4 Tegangan operasi

Sensor proksimiti induktif meliputi model-model AC, DC, dan AC/DC (tegangan universal). Daerah tegangan operasi dasar adalah dari 10 sampai 30 VDC, 15 sampai 34 VDC, 10 sampai 65 VDC, 20 sampai 320 VDC, dan 20 sampai 265 VAC.

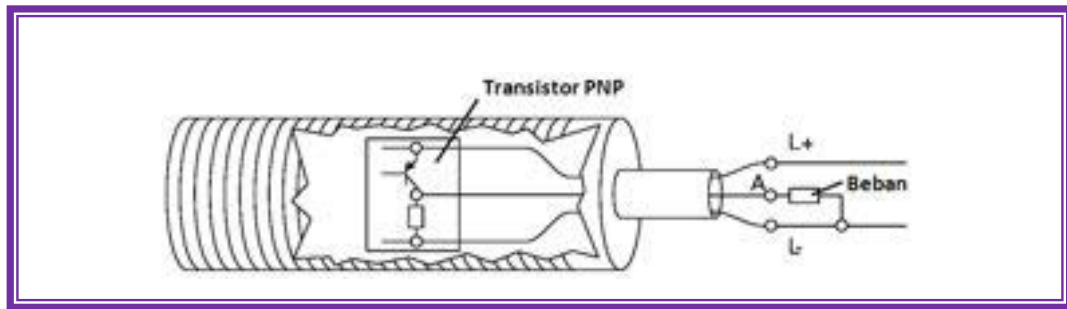
C.1.1.5 Piranti Arus Searah

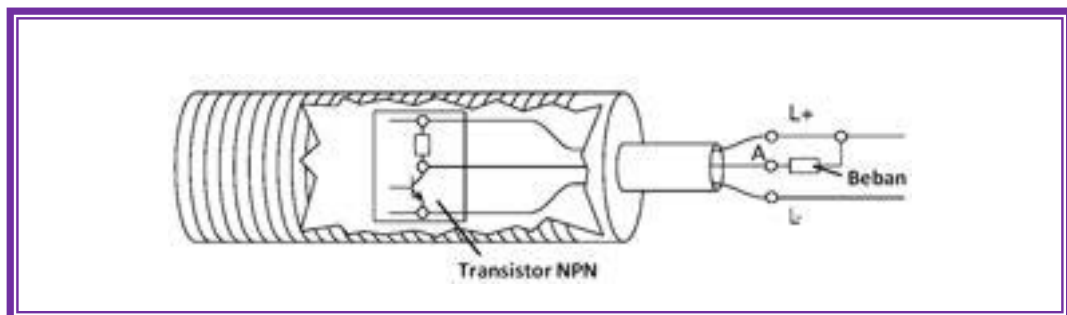
Model arus searah biasanya piranti tiga-kabel (dua-kabel juga tersedia) yang mem-butuhkan suplai daya terpisah. Sensor disambungkan antara sisi positif dan negatif suplai daya. Beban disambungkan antara sensor dan salah satu sisi suplai daya. Sambungan dengan polaritas tertentu tergantung model dari sensor.

Gambar 4.32 Sambungan sensor proksimiti induktif 3 kabel

C.1.1.6 Konfigurasi Output

Sensor proksimiti DC, 3 kabel, dapat menjadi PNP (*sourcing*) atau NPN (*sinking*). Ini mengacu pada jenis transistor yang digunakan dalam pensakelaran output dari transistor.

Berikut ini ilustrasi output sensor PNP. Beban disambungkan antara output (A) dan sisi negatif suplai daya (L-). Transistor PNP menghubungkan beban ke sisi positif suplai daya (L+).

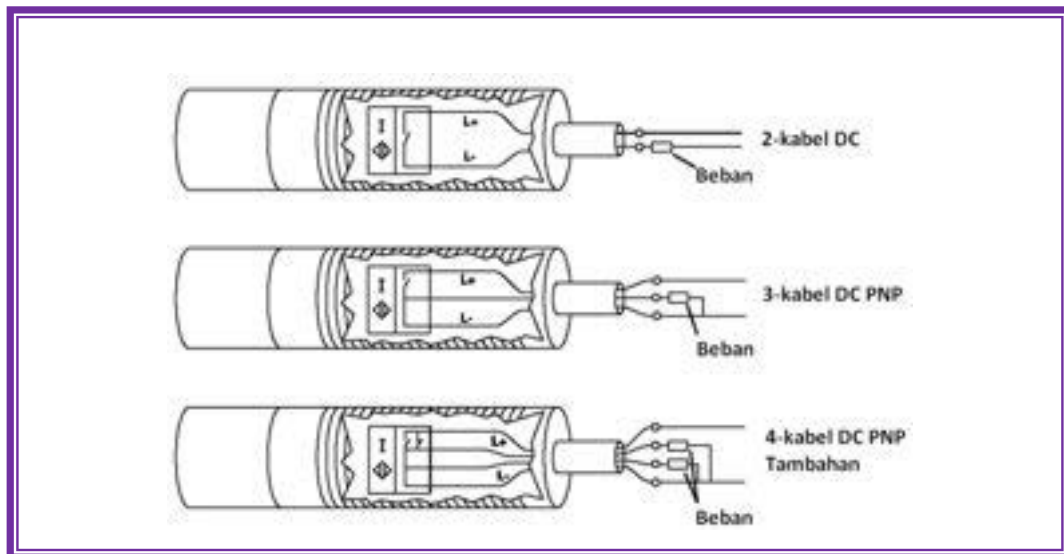
Jika transistor ON, jalur arus selengkapnya dari L- melalui beban ke L+. Ini mengacu ke aliran arus konfigurasi konvensional (+ ke -) diberikan ke beban. Terminologi ini sering membingungkan pengguna baru sensor, karena aliran arus elektron (- ke +) adalah dari beban ke sensor jika transistor PNP on.

Gambar 4.33 Sambungan sensor PNP

Gambar berikut mengilustrasikan output sensor NPN. Beban disambungkan antara output (A) dan sisi positif power suplai (L+). Sebuah transistor NPN menyambungkan beban ke sisi negatif power suplai (L-). Hal ini mengacu kepada konsep sumber arus dimana arah arus konvensional adalah ke dalam sensor ketika transistor aktif. Sekali lagi aliran arus elektron adalah pada arah yang berlawanan.

Gambar 4.34 Sambungan sensor NPN

C.1.1.7 Normally Open (NO), Normally Closed (NC)

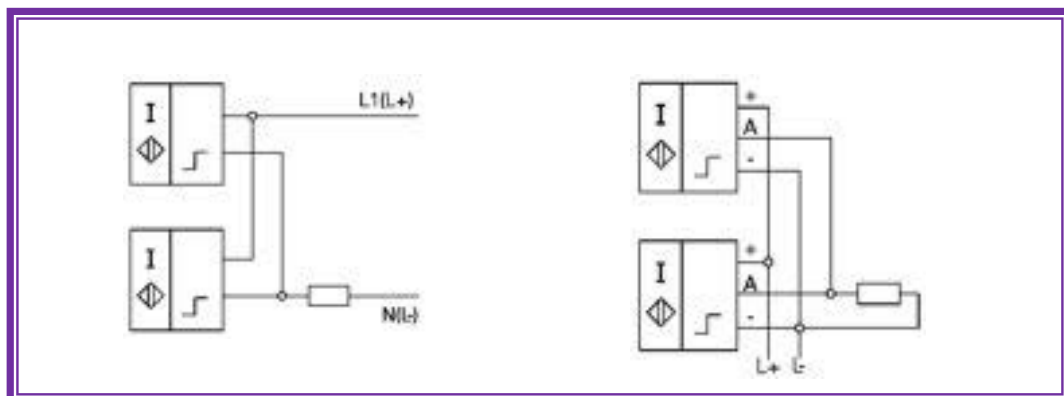
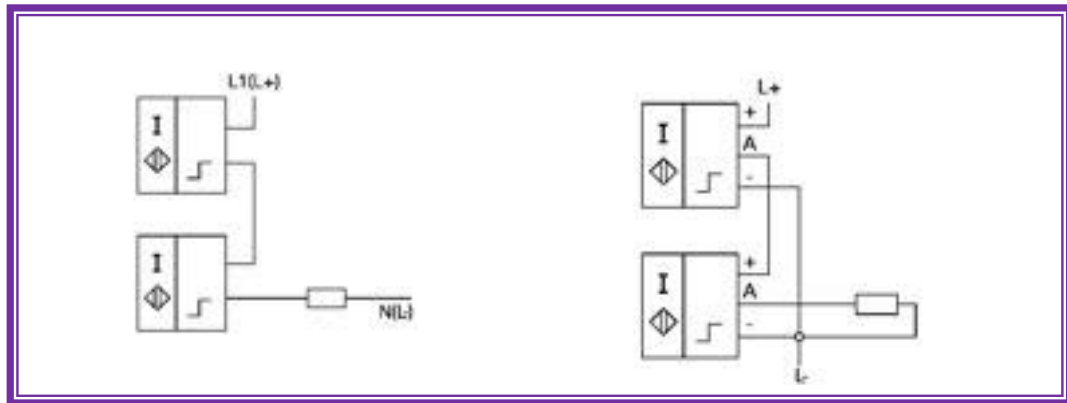
Output biasanya normally open (NO) atau normally closed (NC) berdasar pada kondisi transistor ketika tidak ada target. Jika, sebagai contoh, output PNP OFF ketika target tidak ada, maka piranti tersebut NO. Jika output PNP ON ketika target tidak ada, berarti piranti tersebut NC.

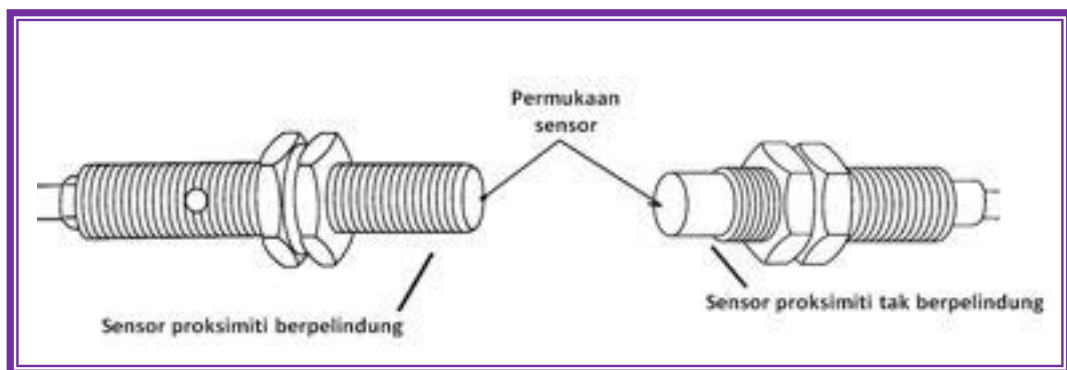
Tambahan output.

Piranti transistor dapat juga memiliki 4-kabel. Sebuah output tambahan didefinisikan sebagai kontak NO dan NC pada sensor yang sama.

Gambar 4.35 Sambungan kabel tambahan

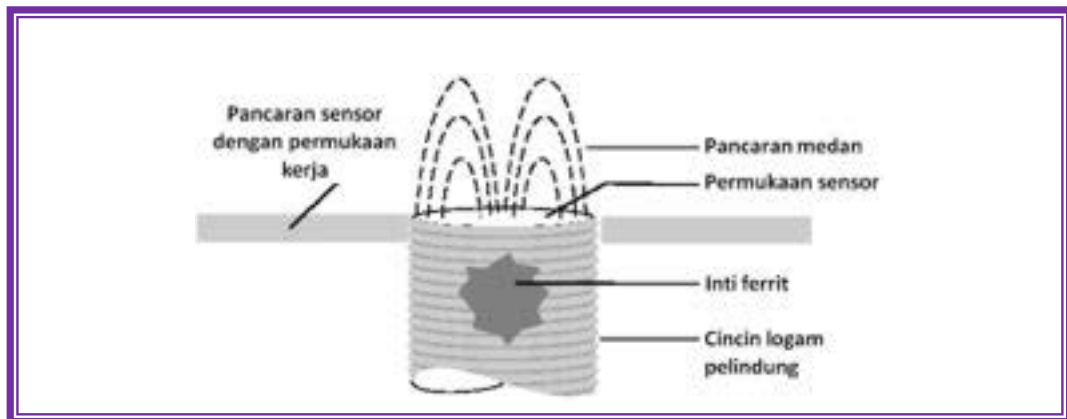
C.1.1.8 Sambungan Seri dan Paralel

Dalam beberapa aplikasi diperlukan untuk menggunakan lebih dari satu sensor untuk mengontrol sebuah proses. Sensor dapat disambung seri atau paralel. Jika sensor disambung seri, semua sensor harus on untuk mengaktifkan outputnya. Jika sensor-sensor disambung paralel, salah satu sensor on akan memberikan output.

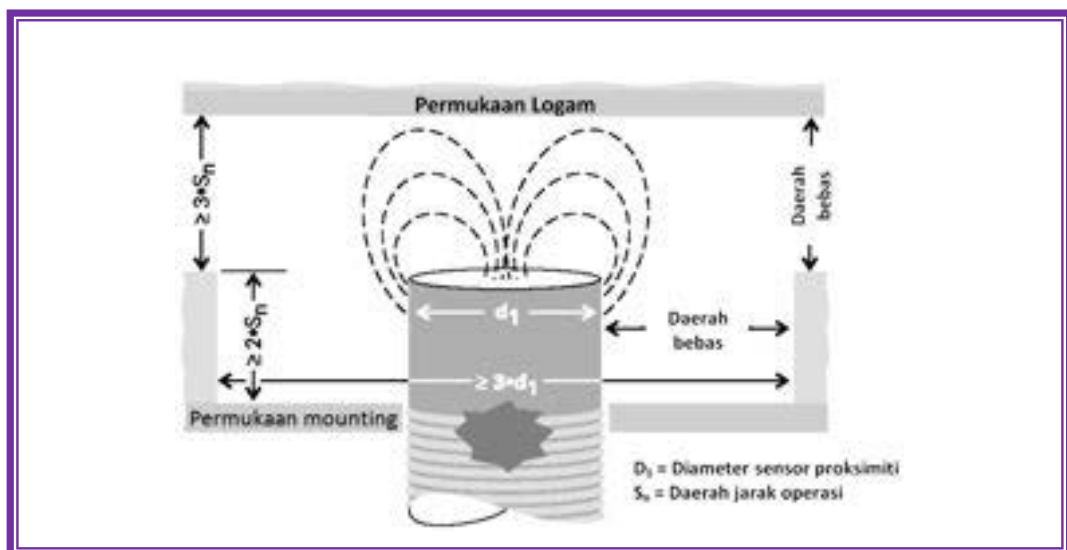
Ada beberapa batasan yang harus dipertimbangkan ketika sensor disambung seri. Terutama, tegangan yang dibutuhkan meningkat dengan bertambahnya piranti yang disambung secara seri.

Gambar 4.36 Sensor disambung paralel

Gambar 4.37 Sensor disambung seri

Sensor proksimiti berisi kumparan yang dililitkan pada batang ferrit. Sensor dapat diberi selubung ataupun tidak. Sensor yang tidak berselubung biasanya memiliki jarak deteksi yang lebih besar daripada sensor yang diselubungi.

Gambar 4.38 Sensor proksimiti yang berpelindung dan tak berpelindung

C.1.1.9 Sensor Proksimiti Berpelindung

Inti batang ferrit menyatukan radiasi medan dalam arah pemakaian. Sensor proksimiti berpelindung memiliki cincin logam yang ditempatkan di sekitar inti untuk membatasi radiasi liar dari medan magnet. Sensor proksimiti berpelindung dapat diarahkan dalam metal. Ruang bebas-logam disarankan di atas dan mengelilingi permukaan sensor. Jika terdapat permukaan logam berhadapan dengan sensor proksimiti dapat terdeteksi paling sedikit 3 kali daerah jarak permukaan sensornya.

Gambar 4.39 Sensor proksimiti berpelindung

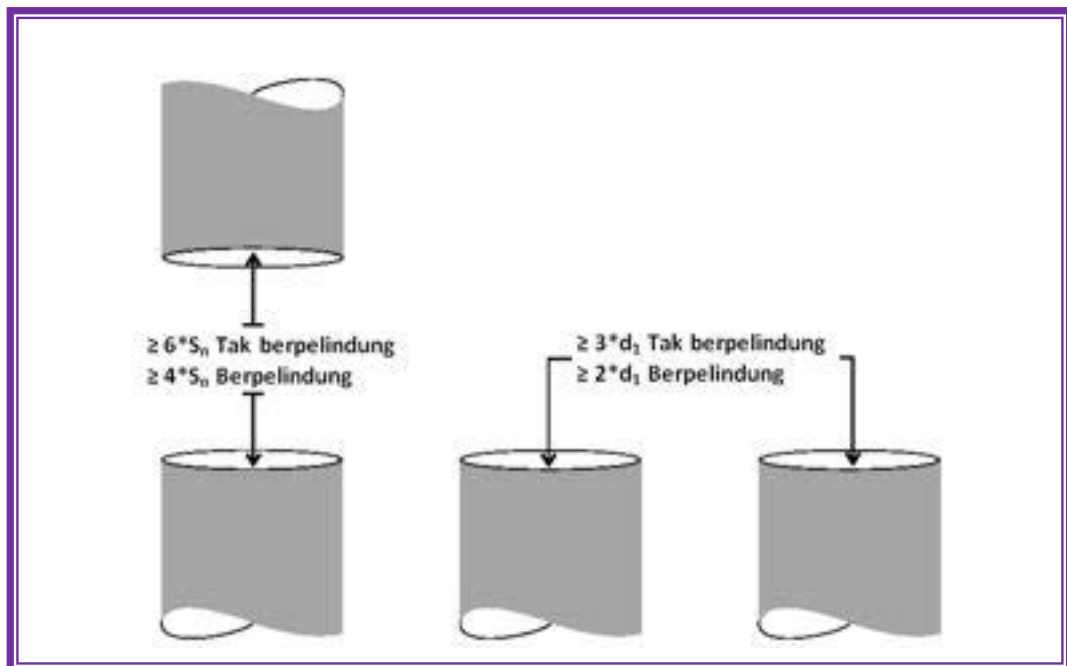
C.1.1.10 Sensor Poksimiti tak Berpelindung

Sensor proksimiti tidak terselubung tidak memiliki cincin logam sekitar inti untuk membatasi radiasi liar dari medan magnet. Sensor tak terselubung tidak dapat memiliki bukit pancuran medan didalam logam. Harus ada area disekitar permukaan sensor yang bebas dari logam. Area minimal 3 kali diameter permukaan sensor harus dibersihkan di sekitar sensor. Disamping itu, sensor harus di tempatkan sedemikian rupa sehingga permukaan logam area dudukan minimal 2 kali jarak penyensoran dari permukaan sensor. Jika ada permukaan logam di hadapan sensor proksimiti harus minimal 3 kali jarak penyensoran ke permukaan sensor.

Gambar 4.40 Sensor proksimiti tidak berpelindung

C.1.1.11 Dudukan Beberapa Sensor

Perhatian harus ditingkatkan ketika menggunakan beberapa sensor. Jika 2 atau lebih sensor dipasang saling berdekatan atau saling berhadapan, saling pengaruh atau saling silang dapat menghasilkan output yang salah.

Panduan berikut secara umum dapat digunakan untuk meminimalkan pengaruh tersebut.

- Sensor-sensor berpelindung yang saling berhadapan sebaiknya dipisahkan minimal 4 kali daerah penyensorannya
- Sensor-sensor tak berpelindung harus dipisah dengan jarak minimal 6 kali daerah penyensorannya.
- Sensor-sensor berpelindung yang berdekatan sebaiknya dipisah minimal dengan jarak 2 kali diameter permukaan sensor.
- Sensor-sensor tak berpelindung yang berdekatan harus dipisah minimal 3 kali diameter permukaan sensornya.

Gambar 4.41 Aturan penempatan antar sensor

C.1.1.12 Target Standar

Target standar didefinisikan sebagai flat, permukaan halus, terbuat dari baja ringan ketebalan 1 mm (0.04”). Baja tersedia dalam berbagai jenis tingkat. Baja ringan disusun dengan kandungan besi dan karbon yang lebih tinggi.

Target standar yang digunakan dengan sensor berpelindung mempunyai sisi yang sama dengan diameter permukaan sensor. Target standar yang digunakan dengan sensor tak berpelindung mempunyai sisi yang sama dengan diameter permukaan sensor 3 kali rentang daerah operasinya, dimana lebih besar. Jika target lebih besar daripada target standar, daerah penyensoran tidak berubah. Bagaimanapun, jika target lebih kecil atau dengan bentuk tidak teratur, jarak penyensoran (S_n) berkurang. Makin kecil area target makin dekat jarak deteksi ke permukaan sensor.

Gambar 4.42 Sensor proksimiti dengan berbagai target

C.1.1.13 Ukuran Target dan Faktor Koreksi

Faktor koreksi dapat diterapkan jika target lebih kecil daripada target standar. Untuk menentukan jarak penyensoran target yang lebih kecil dari target standar (S_{new}), kalikan rating jarak penyensoran (S_{rated}) dengan faktor koreksi (T). Jika, sebagai contoh, sensor berpelindung memiliki rating daerah penyensoran 1 mm dan ukuran target separoh dari target standar, maka jarak penyensoran yang baru adalah 0.83 mm (1 mm x 0.83).

$S_{new} = S_{rated} \times T$

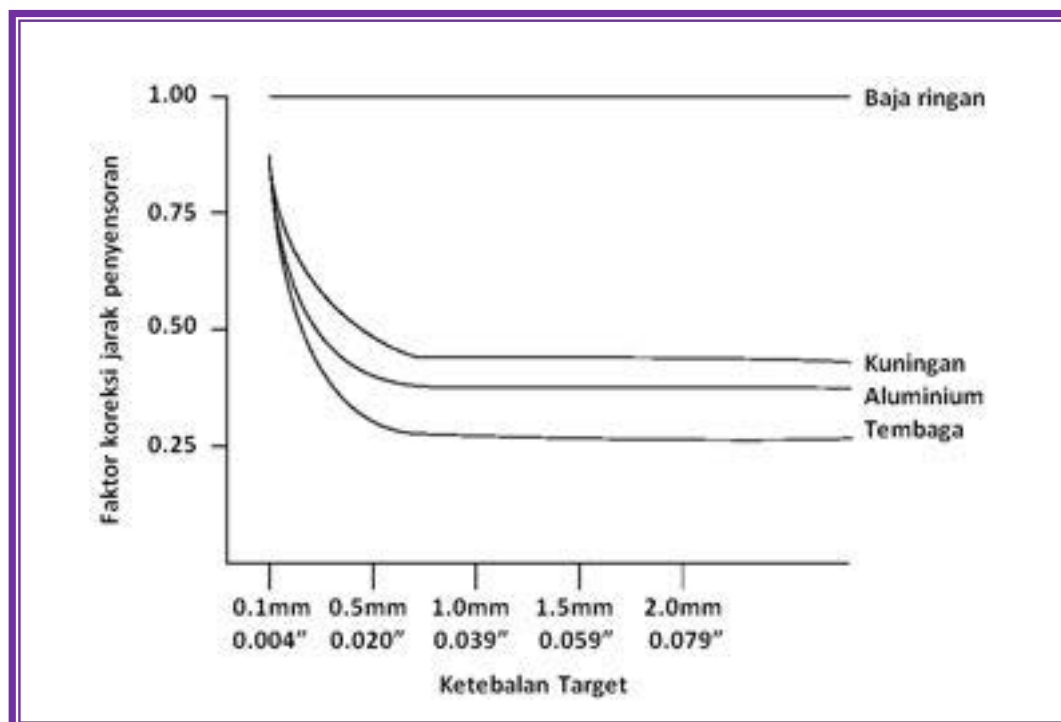
$S_{new} = 1 \text{ mm} \times 0.83$

$S_{new} = 0.83 \text{ mm}.$

Tabel 4.5 Faktor koreksi sensor proksimiti

Ukuran Target dibandingkan Target Standar	Faktor koreksi	
	Berpelindung	Tak berpelindung
25%	0.56	0.50
50%	0.83	0.73
75%	0.92	0.90
100%	1.00	1.00

C.1.1.14 Ketebalan Target

Ketebalan target adalah faktor lain yang turut dipertimbangkan. Jarak penyensoran adalah konstan untuk target standar. Bagaimanapun, untuk target bukan besi, seperti halnya kuningan, aluminium, dan tembaga memiliki fenomena “skin effect”. Jarak penyensoran berkurang sementara ketebalan target bertambah. Jika target berbeda dari target standar faktor koreksi harus diterapkan untuk ketebalan target.

Gambar 4.43 Faktor koreksi target dengan ketebalan bervariasi

C.1.1.15 Material Target

Material target juga memiliki pengaruh terhadap jarak penyensoran. Jika material berbeda dari bahan baja ringan maka faktor koreksi perlu diterapkan.

Tabel 4.6 Faktor koreksi berbagai material

Material	Faktor koreksi		
	Berpelindung	Tak berpelindung	EUROPE Lehrmittel
Baja ringan, Carbon	1.00	1.00	1.00
Lembaran aluminium	0.90	1.00	-
Baja stainless 300	0.70	0.80	-
Kuningan	0.40	0.50	0.25 – 0.55
Aluminium	0.35	0.45	0.20 – 0.50
Tembaga	0.30	0.40	0.15 – 0.45

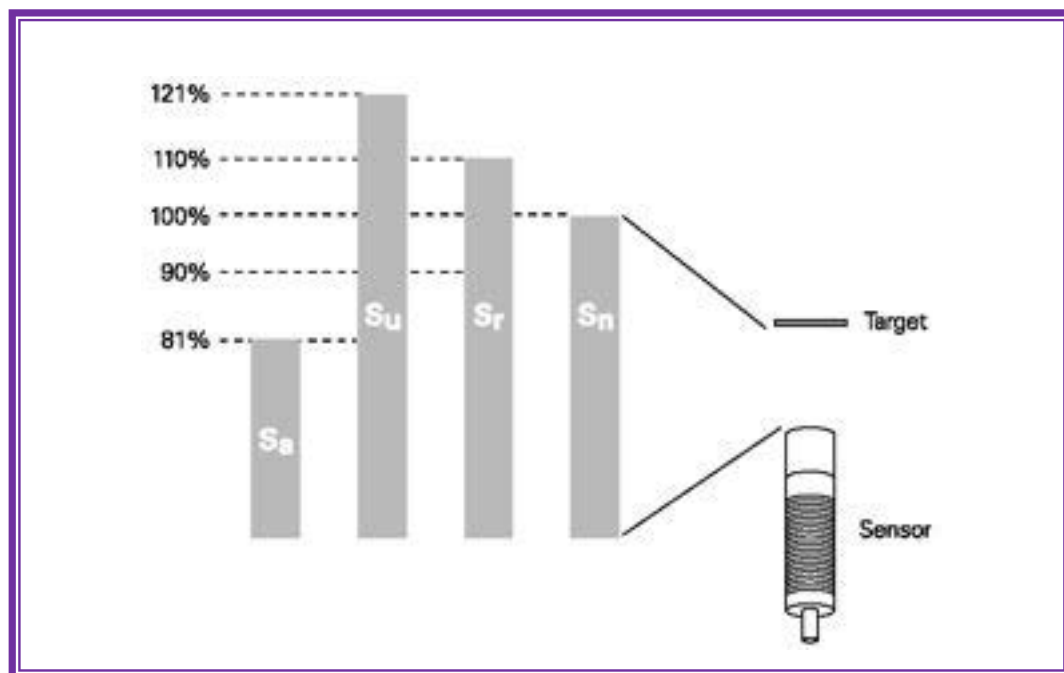
C.1.1.16 Daerah Jarak Operasi

Jarak penyensoran (S_n) adalah nilai teoritis yang tidak menghitung faktor-faktor seperti toleransi pabrik, suhu operasi, dan tegangan suplai. Dalam beberapa aplikasi sensor dapat mengingat target yang berada di luar daerah jangkauan. Dalam aplikasi lain target tidak dapat dikenali hingga jaraknya lebih dekat daripada daerah jangkauan. Beberapa hal lain harus dipertimbangkan untuk evaluasi sebuah aplikasi.

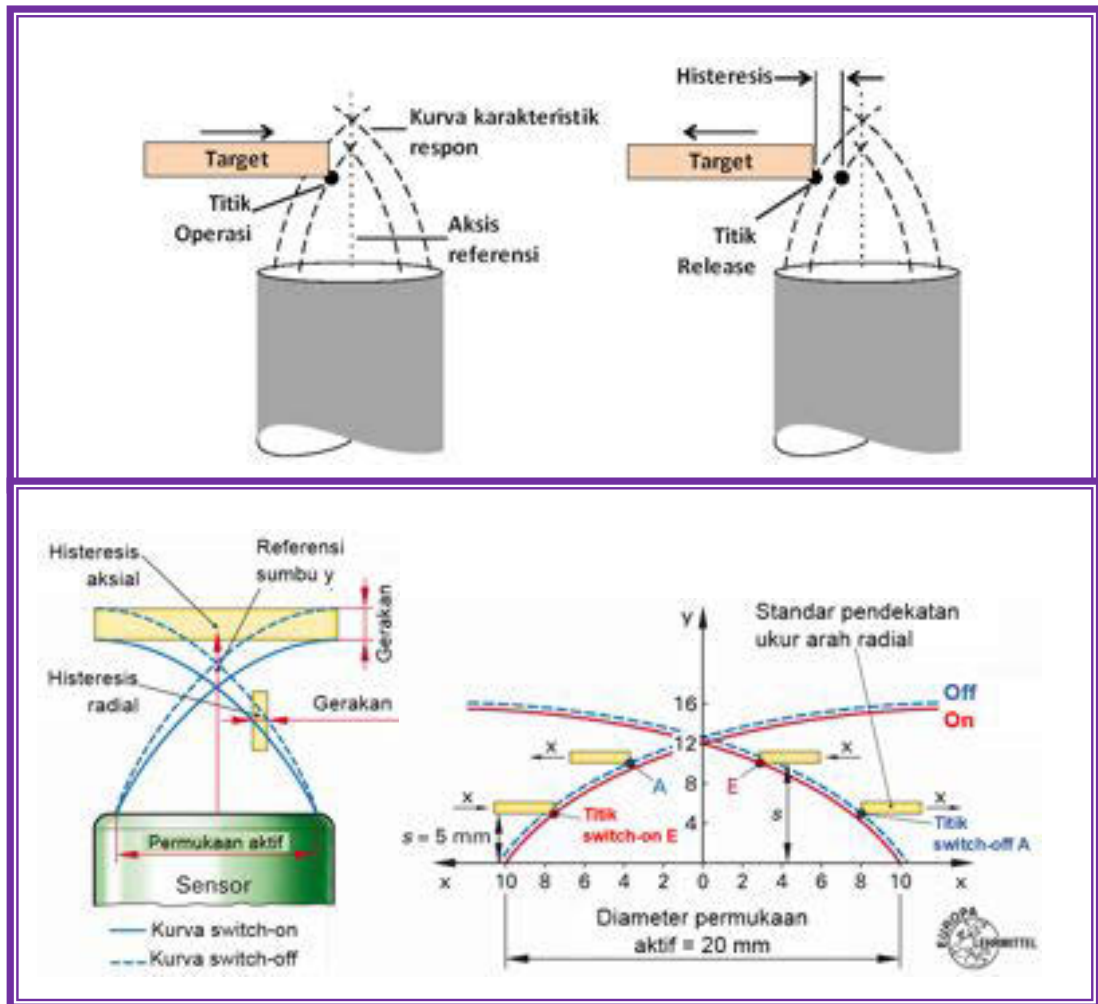
Jarak efektif operasi (S_r) diukur pada tegangan suplai nominal pada suhu sekitar 23°C ± 0.5°C. Ini mengambil angka toleransi pabrik. Jarak operasi efektif adalah ±10% dari jarak operasinya. Ini berarti target akan disensor antara 0 dan

90% dari daerah jarak penyensoran. Tergantung pada piranti, bagaimanapun, jarak fektif penyensoran dapat diperluas hinggaa 110% dari rating.

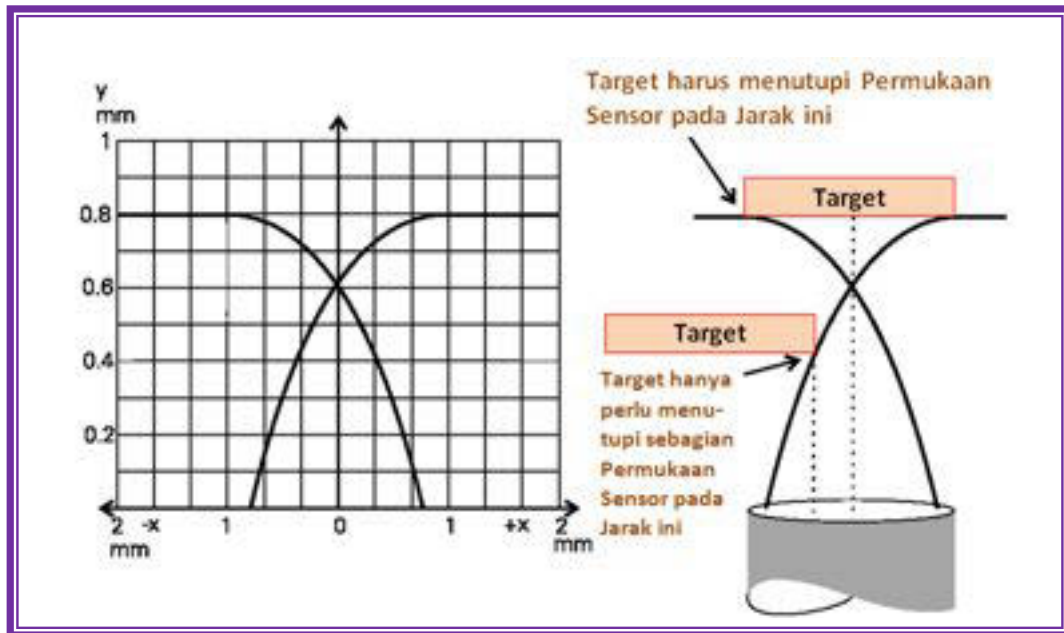
Penggunaan jarak pemindahan (S_u) adalah jarak pmindahan yang diukur dibawah kondisi suhu dan tegangan tertentu. Jarak pemindahan adalah ±10% dari jarak operasi fektif.

Jarak operasi garansi (S_a) adalah beberapa jarak pemindahan dimana sensor proksimiti beroperasi di dalam kondisi operasi tertentu yang mungkin terjamin. Jarak operasi terjamin adalah antara 0 dan 81% dari rating.

Gambar 4.44 Jarak penyensoran

C.1.1.17 Karakteristik Respon

Sensor proksimiti menyensor objek hanya ketika objek dalam area terdefinisi di depan permukaan sensor. Titik dimana sensor proksimiti menengarai target datang adalah titik operasi. Titik dimana target keluar yang menyebabkan piranti kembali ke posisi normalnya disebut titik release. Area antra dua titik itu disebut daerah histeresis.

Gambar 4.45 Karakteristik respon

C.1.1.18 Kurva Respon

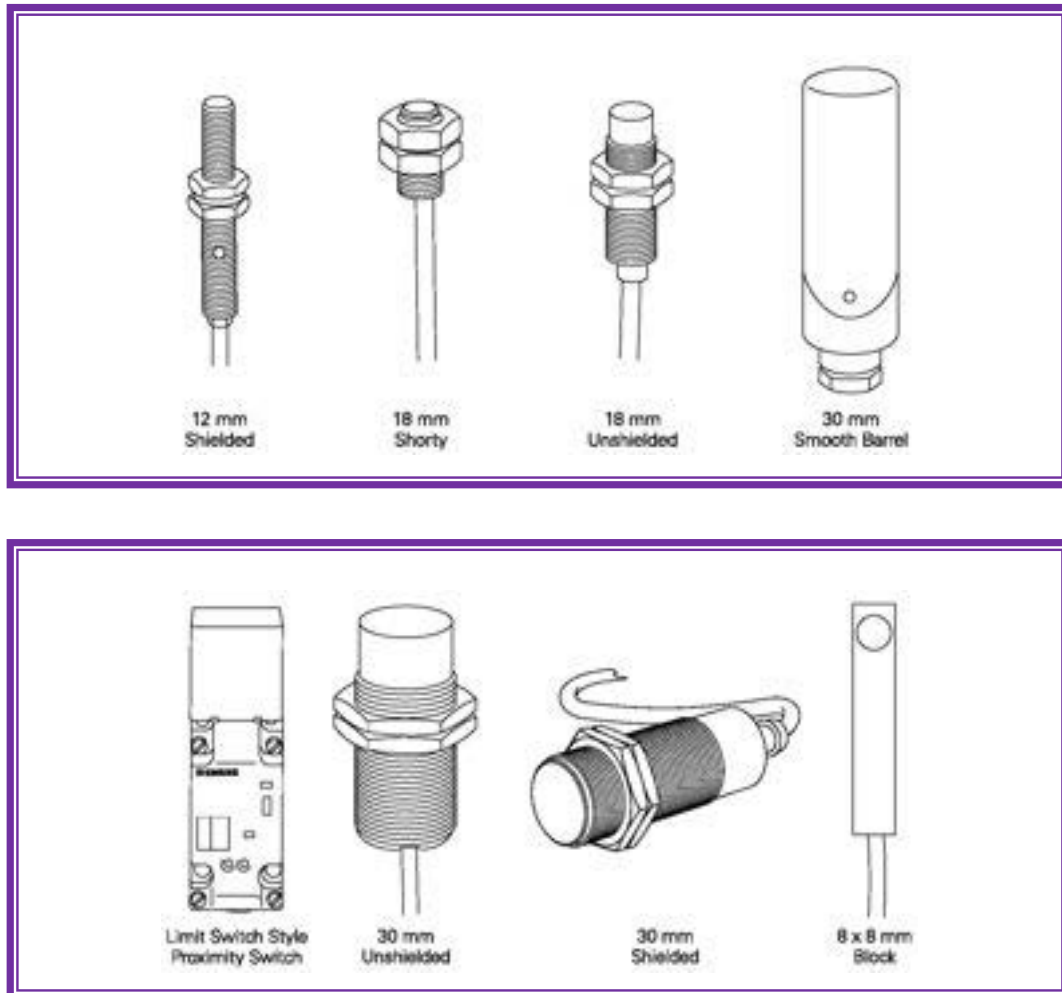
Ukuran dan bentuk kurva respon tergantung pada spesifikasi sensor proksimiti. Kurva berikut menggambarkan salah satu jenis sensor proksimiti.

Gambar 4.46 Kurva respon salah satu jenis sensor proksimiti

C.1.1.19 Petunjuk Perakitan Sensor Bergerak

Pada sensor yang bergerak adalah beresiko terutama pada kabel pasokan. Gerakan tekuk harus dihindari. Pemasangan dalam pipa adalah pilihan yang lebih baik.

Gambar 4.47 Perakitan sensor bergerak

C.1.2 Keluarga Sensor Proximity Induktif

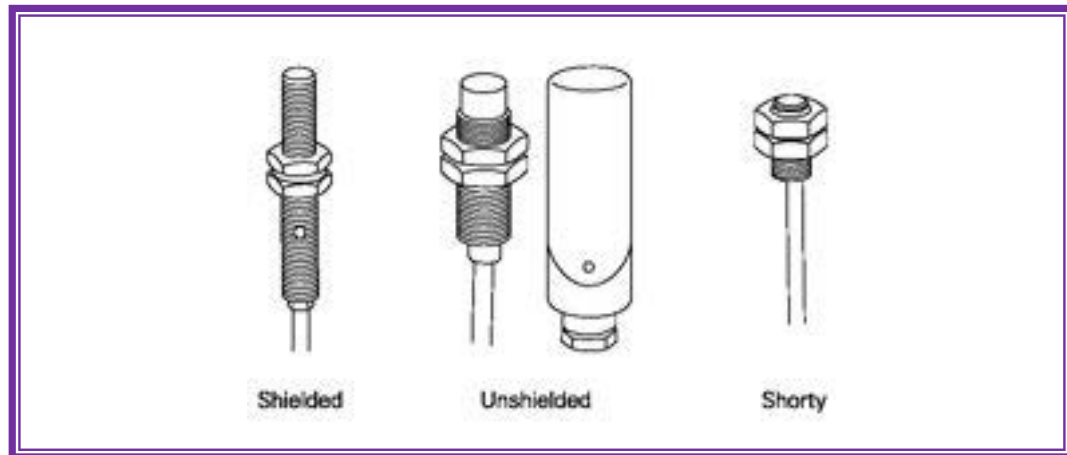
Dalam bagian ini ditampilkan sensor proksimiti induktif keluarga 3RG4 dan 3RG04.

Gambar 4.48 Keluarga sensor proksimiti induktif

C.1.2.1 Kategori

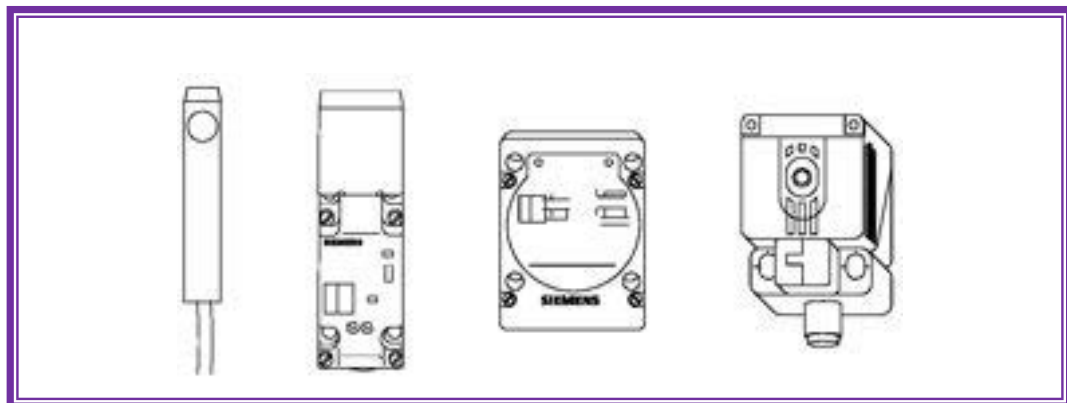
Sensor proksimiti induktif tersedia dalam 10 kategori, yang digunakan untuk: keperluan biasa, input solid state, kesibukan ekstra, kondisi lingkungan ekstrim, daerah operasi lebih besar daripada rentangnya, NAMUR, tahan tekanan, AS-interface, dan analog output.

C.1.2.2 Keperluan normal (silindris)

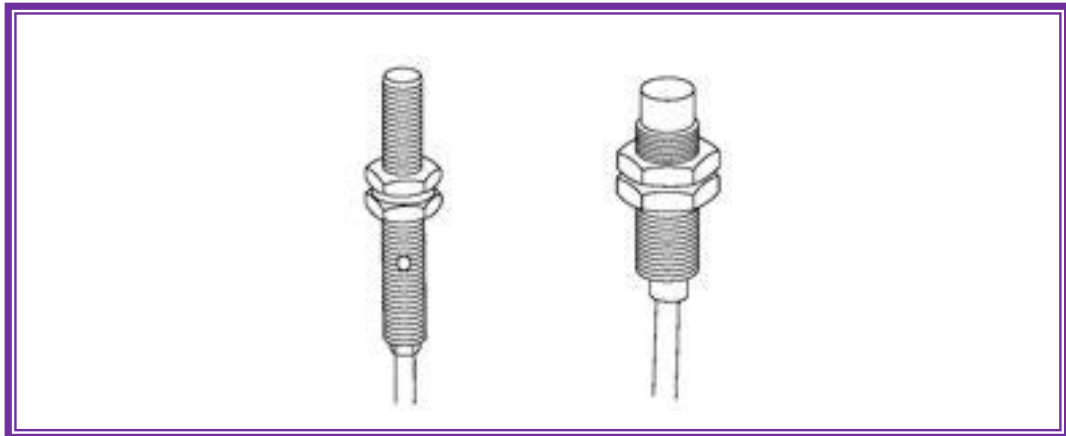
Sensor proksimiti induktif didesain untuk keperluan normal yang mengacu ke seris standar. Sensor-sensor ini memenuhi kebutuhan standar atau aplikasi

standar. Termasuk jenis ini adalah versi pendek yang digunakan pada ruang terbatas. Daerah diameter penyensoran dari 3 sampai 34 mm. Standar seri sensor ada PNP atau NPN, output 2 kabel, 3 kabel, atau 4 kabel. Sensor standar dapat menangani arus beban hingga 200mA.

Gambar 4.49 Sensor proksimiti induktif silinder

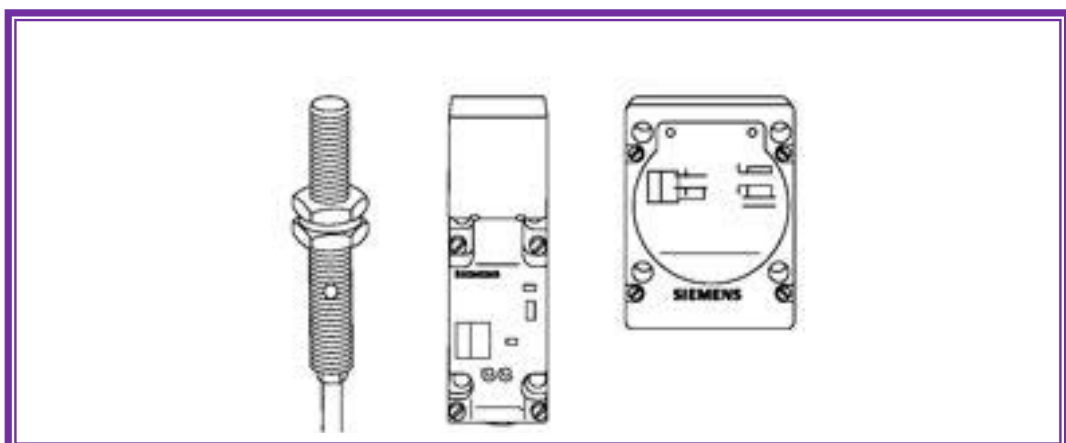
C.1.2.3 Keperluan normal bentuk persegi

Sensor proksimiti induktif didesain untuk keperluan normal tersedia juga dalam bentuk blok atau persegi.

Gambar 4.50 Sensor proksimiti induktif bentuk persegi.

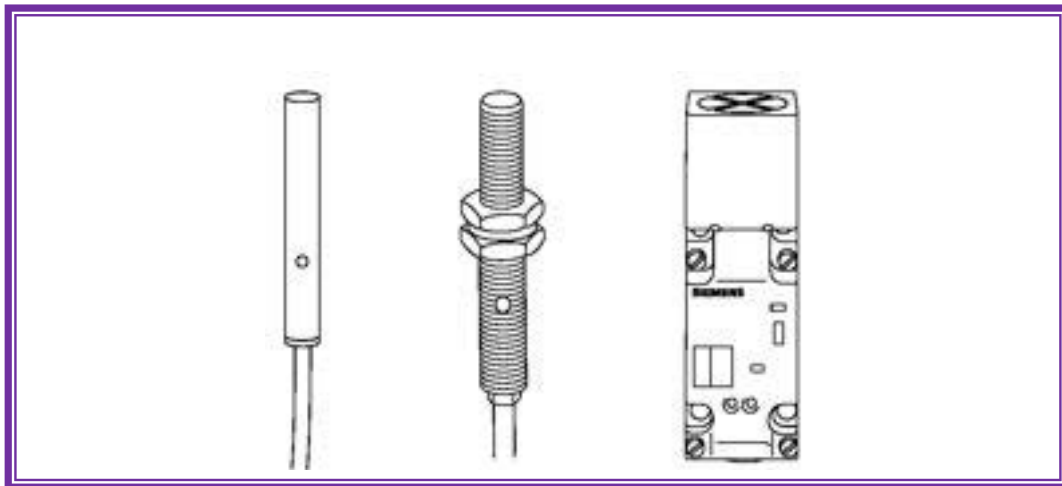
C.1.2.4 Optimalisasi untuk Input Solid State

Sensor dua kabel ini dipersiapkan untuk optimalisasi dengan input solid state seperti PLC. Optimalisasi untuk sensor input solid state tersedia dalam bentuk tubular dan paket blok.

Gambar 4.51 Sensor proksimiti induktif untuk optimalisasi input solid state

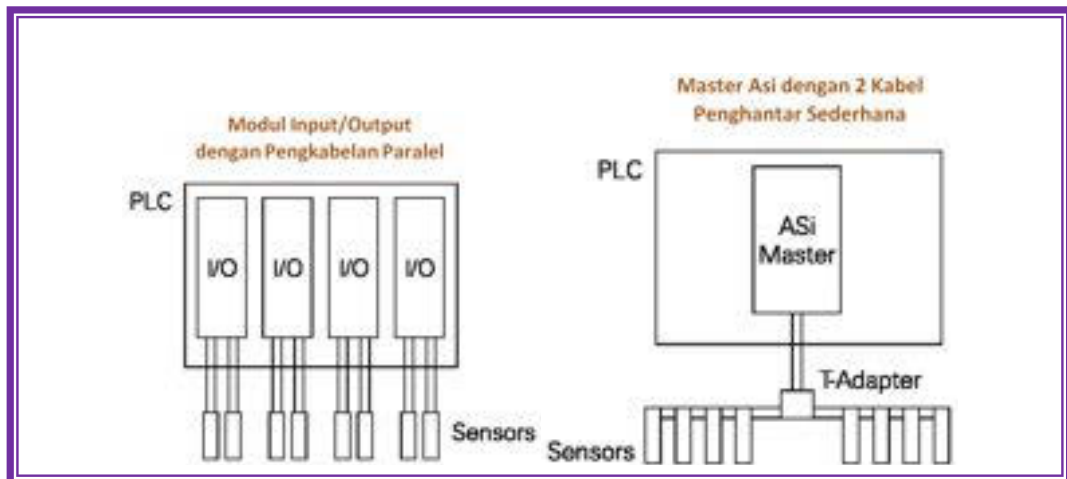
C.1.2.5 Kesibukan Ekstra

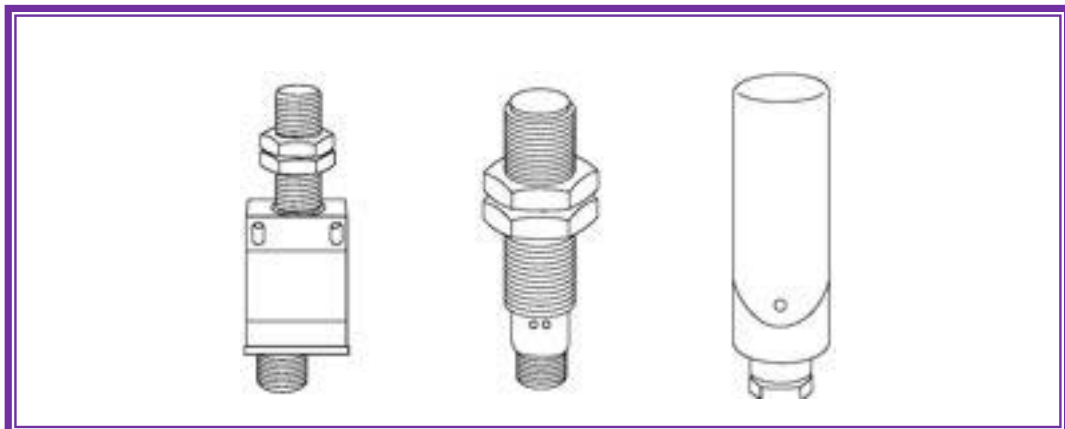
Beberapa aplikasi membutuhkan tegangan operasi lebih tinggi, atau lebih cepat frekuensi pensakelarannya daripada sensor seri standar. Sensor proksimiti induktif kelompok ini dapat menghandel beban hingga 300 mA. Tersedia piranti dengan 2 kabel, 3 kabel, juga untuk konfigurasi NO atau NC. Tersedia dalam bentuk silinder atau kotak.

Gambar 4.52 Sensor proksimiti induktif untuk kesibukan tinggi

C.1.2.6 Kondisi lingkungan ekstrim (IP68)

Pengaman IP adalah klasifikasi sistem Eropa yang menunjukkan derajat peng-amanannya terhadap debu, cairan, benda padat, dan kontak manusia. Sistem IP diterima secara internasional. Sensor dengan IP68 berarti aan terhadap penyusupan debu, aman terhadap bahaya hubung listrik, dan aman terhadap celupan air. Tersedia 3 kabel dan 4 kabel, konfigurasi NPN dan PNP, output NO dan NC.

Gambar 4.53 Sensor proksimiti induktif untuk IP68

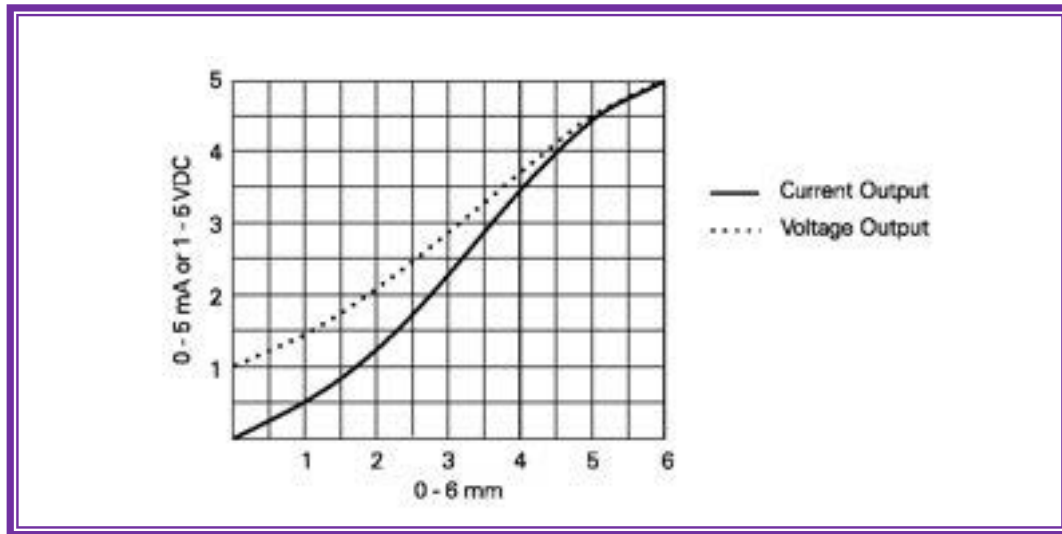
C.1.2.7 AS-i

Actuator Sensor Interface (AS-I atau AS-Interface) adalah sistem untuk jaringan piranti biner seperti halnya sensor. Hingga kini, perluasan kabel kontrol paralel dibutuhkan untuk menyambung sensor-sensor ke piranti kontrol. PLC, sebagai contoh, menggunakan modul I/O untuk menerima input dari piranti biner seperti sensor. Output biner digunakan untuk menghidupmatikan proses sebagai hasil input. Menggunakan pengawatan konvensional akan membutuhkan beberapa kabel untuk memparalel input, ini menjadi kompleks.

Gambar 4.54 Perbandingan pengawatan konvensional dengan AS-i

AS-I menggantikan kerumitan kabel dengan kabel sederhana inti-2. Kabel didesain sedemikian rupa sehingga piranti dapat disambung secara langsung. Sensor proksimiti induktif dikembang-kan untuk menggunakan chip AS-I dan inteligen dalam piranti.

Gambar 4.55 Sensor proksimiti induktif untuk AS-i

C.1.2.8 Output Analog

Piranti ini digunakan ketika nilai analog diperlukan. Dalam beberapa aplikasi dibutuhkan untuk mengetahui jarak target dari sensor.

Daerah penyensoran sensor analog induktif adalah 0 sampai 6 mm. Output sensor meningkat dari 1 sampai 5 VDC atau 0 sampai 5 mA sampai target digerakkan menjauh dari sensor.

Gambar 4.56 Grafik output sensor analog

C.1.2.9 Keuntungan dan Kerugian Sensor Induktif

Keuntungan:

- Keandalan tinggi dengan switching sedikit ataupun banyak
- Kecepatan aktuasi tinggi (sampai 5 kHz)
- Bekerja tanpa kontak, tidak ada reaksi brengsek ke objek
- Polusi terbesar dari bahan non-logam seperti debu, kelembaban tidak mempengaruhi akurasi switching
- Dapat diproduksi dalam teknologi dua-kawat, karena konsumsi daya sangat rendah
- Lebih murah jika dibandingkan, misalnya, sensor optik
- Akurasi pengukuran tinggi (<0,01 mm)

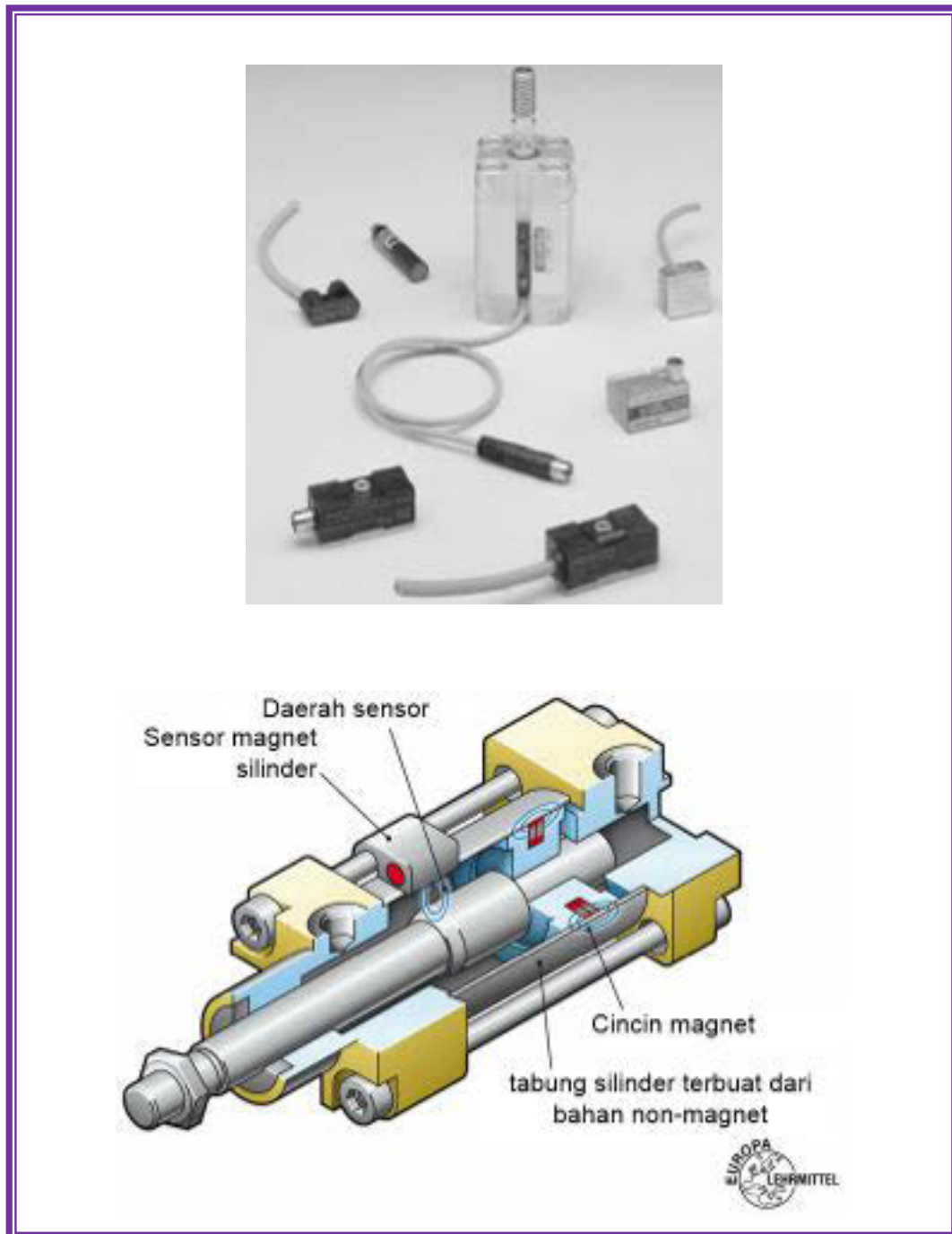
Kekurangan:

- Hanya dapat mendeteksi logam dan grafit
- Sensor dapat mendeteksi benda hanya pada jarak benda yang dekat.

C.1.2.10 Contoh Penggunaan Sensor Induktif

1. Pemantauan otomatisasi jalur produksi:
    a. Kontrol langkah kerja
    b. Positioning benda kerja
    c. Menghitung dan menyortir benda-benda logam
2. Pemantauan gerak dan posisi:
    a. Kontrol posisi mekanik
    b. Pengukuran Kecepatan
    c. Deteksi Rotasi
    d. Monitoring titik nol (robot)

C.2 Sensor Reedswitch

Reedswitch disebut juga sensor induktif-magnet, sehingga dikelompokkan dalam sensor induktif khusus. Reedswitch dicetak dalam kotak bakelit. Jika sakelar masuk medan magnet (misal magnet permanen pada piston silinder), bulu-bulu kontak menjadi tertutup, dan sensor memberikan sinyal elektrik.

Gambar 4.57 Sensor proksimiti reedswitch

C.2.1 Simbol

Sensor proksimiti reedswitch bekerja atas dasar magnet, sehingga dalam simbolnya juga memuat simbol proksimiti dan simbol magnet.

Gambar 4.58 Sensor Proksimiti magnetik (Reedswitch)

C.2.2 Cara kerja

Sensor proksimiti reedswitch adalah sensor yang diaktuasi secara magnet, pada prinsipnya sensor ini didesain untuk silinder yang dibuat dengan kemampuan sensing (yakni magnet permanen pada daerah piston silinder), tetapi beberapa diantaranya dapat juga digunakan di area lain dimana kedekatan terhadap medan magnet menjadi syarat untuk menghasilkan sinyal kontrol elektrik.

Jika desain silinder pneumatik memasukkan magnet permanen pada piston, sensor proksimiti reedswitch yang ditempelkan pada sisi luar tabung silinder dapat digunakan untuk memberi sinyal ketika batang piston silinder melewatinya.

Jika magnet piston masuk daerah respon dari sensor, medan magnet menyebabkan bulu-bulu kontak reedswitch di dalam sensor menutup, dilengkapi dengan nyala lampu indikator LED dan mengaktifkan sinyal output. Jika magnet bergerak menjauh dari daerah respon, reedswitch terbuka lagi; LED dan sinyal output kembali tidak aktif.

Biasanya sensor proksimiti mengguna-kan 3 kabel, yaitu 2 kabel untuk disambungkan ke tegangan suplai, dan 1 kabel untuk sinyal output. Disamping itu tersedia pula sensor proksimiti reedswitch dengan 2 kabel.

C.2.3 Karakteristik listrik untuk sensor

- Sensor tegangan searah (DC) 24V DC
    - Tegangan berkisar 10 V...30 V, 10 V...60 V, 5 V...60 V
- Suplai tegangan bolak-balik (AC) 115 V...230 V AC
    - Tegangan berkisar 98 V...253 V AC
    - Frekuensi 48 Hz...62 Hz
- Sensor tegangan AC/DC
    - Rentang Tegangan 10 V ... 30 V DC, 24 V... 240 VAC.

C.2.4 Rekomendasi

Rangkaian pengaman di dalam sensor termasuk pembatas arus dan gelombang RC. Reedswitch sangat sensitif terhadap pengaruh dari medan magnet di dekatnya atau elektromagnet dengan kuat medan lebih besar dari 0,16 mT (T = Tesla). Jika harus dignakan pada kondisi ini, maka harus digunakan selubung yang cocok.

Kerugian penggunaan sensor proksimiti reedswitch termasuk *bounce contact* dan terbatasnya usia pemakaian elemen mekanis (reedswitch).

5.2.3 Rangkuman

5.2.4 Tugas

TUGAS 1:

1. Jelaskan fungsi dari sensor induktif.
2. Pada bahan apa dia bisa berfungsi?
3. Apa aturan praktis untuk jarak switching?
4. Untuk bahan apa saja Sn berlaku? Apa yang terjadi ketika Anda menggunakan kuningan atau tembaga?
5. Apa arti pemasangan siram (flush)? Clearances apa yang dibutuhkan?
6. Ketika pada aplikasi apa mekanik limit switch selalu diperlukan?
7. Berikan contoh-contoh lain dari penggunaan saklar batas sebagai pengaman!
8. Sebuah sensor ………………….. menggunakan medan elektromagnet dan hanya dapat mendeteksi objek logam.
9. Dari elemen berikut ini, manakah yang bukan elemen sensor proksimiti induktif.
    a. Target
    b. Kumparan elektrik
    c. Osilator
    d. Rangkaian trigger
    e. Output
10. Area sekitar sensor proksimiti induktif tak berpelindung minimal ………………kali area permukaan sensor yang harus bebaslogam
11. Sensor proksimiti induktif berpelindung ditempatkan saling berhadapan, minial …………kali rating area penyensoran.
12. Target standar sensor proksimiti induktif adalah dibuat dari …………..ringan dan memiliki ketebalan 1 mm.
13. Faktor koreksi …………….harus diterapkan ke sensor proksimiti induktif ketika target dibuat dari kuningan
14. Jarak operasi tergaransi dari sensor proksimiti induktif adalah antara 0 dan ……..% dari rating jarak operasinya.

5.2.5 Tes Formatif

5.2.6 Lembar Jawaban Tes Formatif

5.2.7 Lembar Kerja Peserta Didik

5.3 Kegiatan Belajar 13: Sensor Proksimiti Kapasitif

5.3.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah selesai mempelajari materi ini, peserta didik dapat:

a. Mengidentifikasi sensor proksimiti kapasitif
b. Menggambarkan simbol sensor proksimiti kapasitif
c. Menjelaskan cara kerja sensor proksimiti kapasitif
d. Menjelaskan konfigurasi output pada sensor proksimiti kapasitif
e. Menjelaskan rating-electric pada sensor proksimiti kapasitif
f. Menjelaskan sambungan beban pada sensor proksimiti kapasitif
g. Menjelaskan keutungan dan kerugian sensor proksimiti kapasitif
h. Menggambarkan contoh rangkaian kontrol dengan sensor proksimiti kapasitif
i. Mengukur karakteristik sensor proksimiti kapasitif untuk benda yang berbeda dan jarak penyensoran yang bervariasi

5.3.2 Uraian Materi

SENSOR PROKSIMITI KAPASITIF

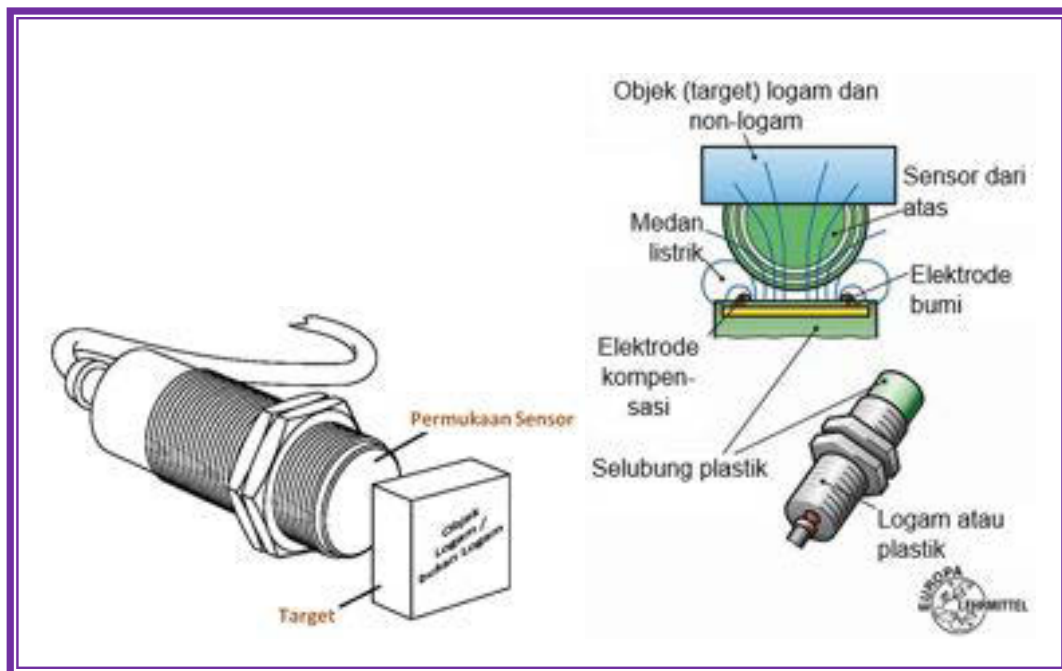
C.3 Sensor Proximity Kapasitif

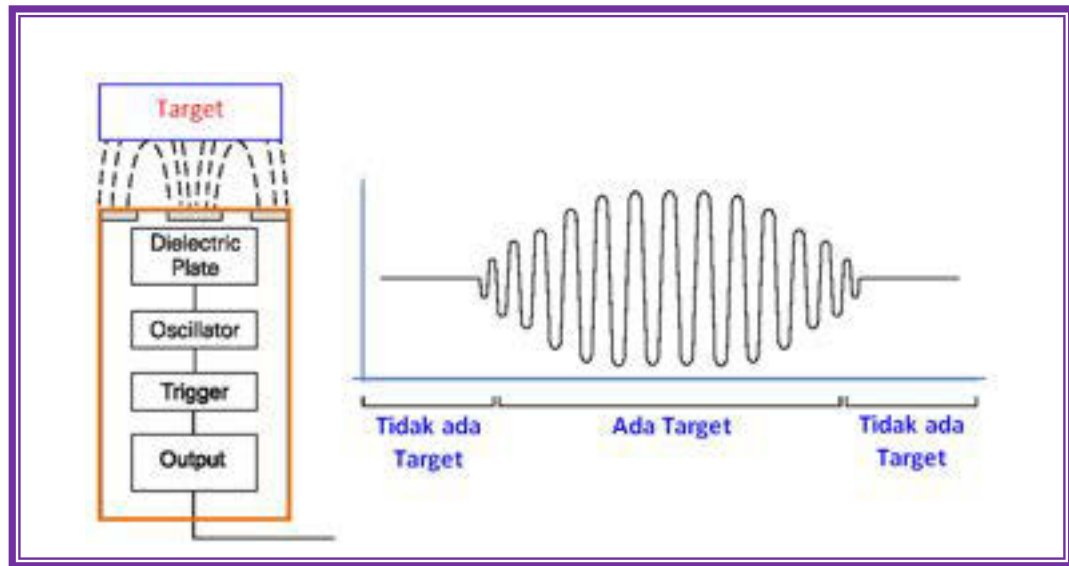
Sensor proksimiti kapasitif di pasaran tersedia dalam berbagai bentuk, antara lain seperti di bawah ini.

Gambar 4.59 Sensor proksimiti kapasitif

C.3.1 Teori Operasi

Sensor proksimiti kapasitif seperti sensor proksimiti induktif. Perbedaan utama antara dua jenis sensor ini bahwa sensor proksimiti kapasitif menghasilkan medan elektrostatik sedangkan sensor proksimiti induktif menghasilkan medan elektromagnet.

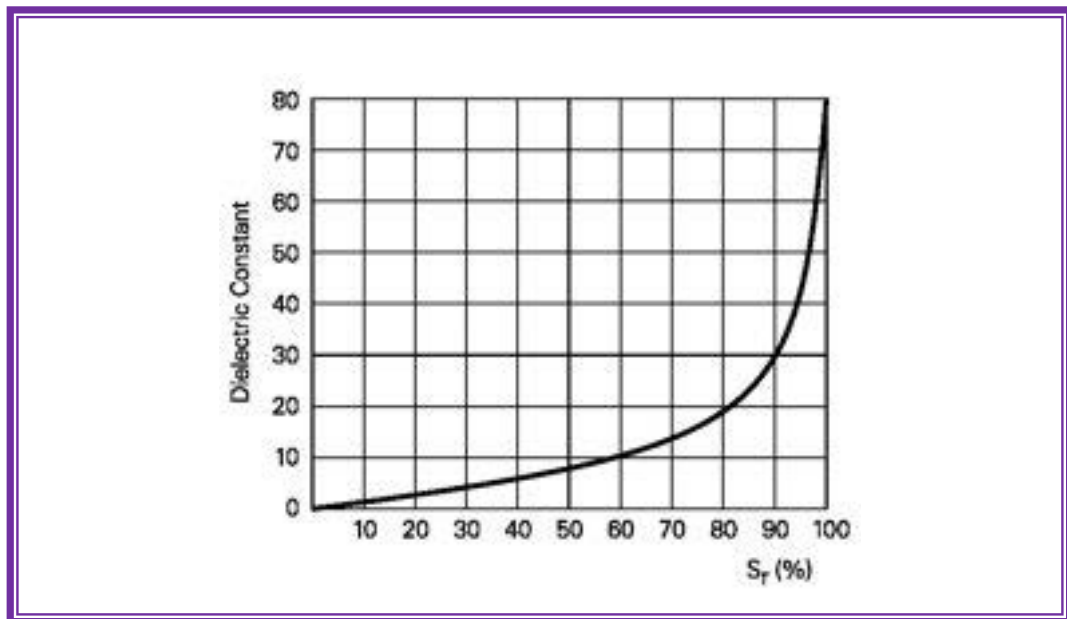
Sensor proksimiti kapasitif menyensor material logam dan bukan logam seperti kertas, kaca, cairan, dan kain.

Gambar 4.60 Konstruksi sensor proksimiti kapasitif

Permukaan sensor dari sensor kapasitif dibentuk oleh dua elektrode logam berbentuk konsentris dari kapasitor terbuka. Jika objek mendekat permukaan sensor, maka akan masuk ke medan elektrostatik dari elektrode dan merubah kapasitansi dalam rangkaian osilator. Sebagai hasilnya, osilator mulai berosilasi. Rangkaian trigger membaca amplitudo osilator dan ketika mencapai level tertentu, keadaan output sensor berubah. Karena target menjauh dari sensor amplitudo osilator berkurang, memindah output sensor kembali ke posisi ke keadaan awalnya.

Gambar 4.61 Efek keberadaan target pada sensor proksimiti kapasitif

C.3.1.1 Target Standar dan Konstanta Dielektrik

Target standar ditentukan untuk setiap sensor kapasitif. Target standar biasanya didefinisikan sebagai logam dan/atau air.

Sensor kapasisitf tergantung pada konstanta dielektrik dari target. Makin besar angka dielektrik suatu bahan, makin mudah untuk mendeteksinya. Gambar berikut memperlihatkan hubungan antara konstanta dielektrik dari target dan kema

mpuan sensor mendeteksi bahan berdasar pada jarak penyensoran (S_r).

Gambar 4.62 Grafik Konstanta dielektrikum dan jarak penyensoran

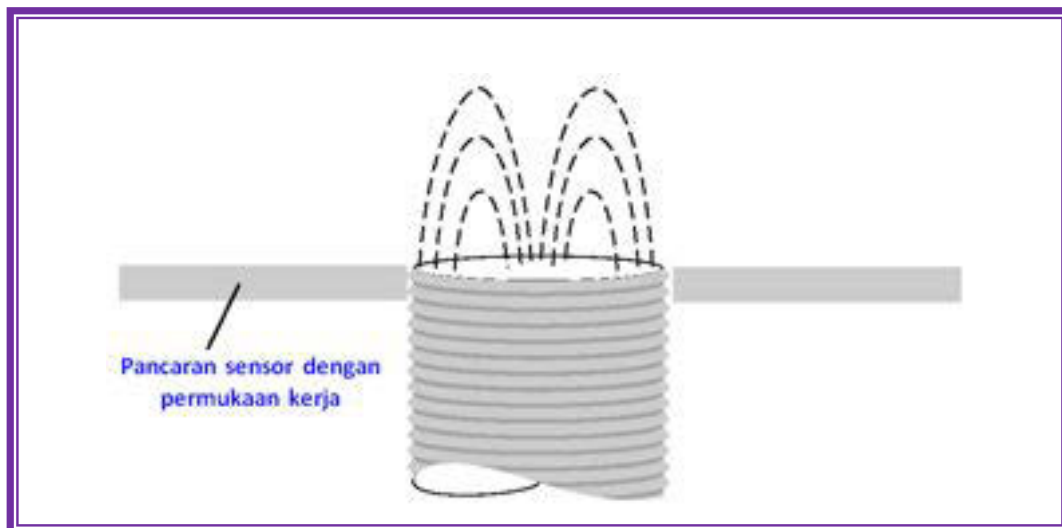
Tabel dibawah memperlihatkan konstanta dielektrikum beberapa bahan. Jika, sebagai contoh, sensor kapasitif mempunyai daerah jarak penyensoran 10 mm dan target adalah alkohol, jarak penyensoran efektif (S_r) adalah mendekati 85% dari jarak rating, atau 8.5 mm.

Tabel 4.7 Konstanta dielektrik suatu bahan

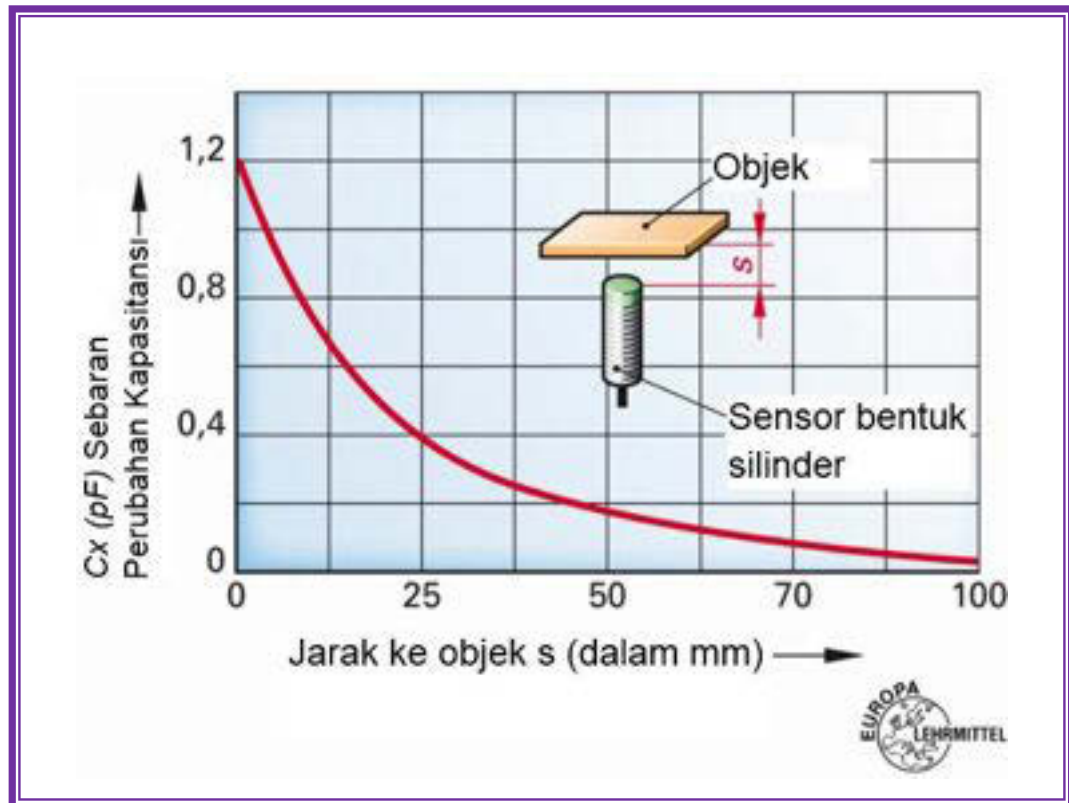
Material	Konstanta Dielektrik	Material	Konstanta Dielektrik
Alcohol	25.8	Polyamide	5
Araldite	3.6	Polyethylene	2.3
Bakelite	3.6	Polyproplene	2.3
Glass	5	Polystyrene	3
Mica	6	Polyvinyl Chloride	2.9
Hard Rubber	4	Porcelain	4.4
Paper-based Laminate	4.5	Pressboard	4
Wood	2.7	Silica Glass	3.7
Cable Casting Compound	2.5	Silica Sand	4.5
Air, Vacuum	1	Silicone Rubber	2.8
Marble	8	Teflon	2
Oil-Impregnated Paper	4	Turpentine Oil	2.2
Paper	2.3	Transformer Oil	2.2
Paraffin	2.2	Water	80

Material	Konstanta Dielektrik	Material	Konstanta Dielektrik
Petroleum	2.2	Soft Rubber	2.5
Plexiglas	3.2	Celluloid	3

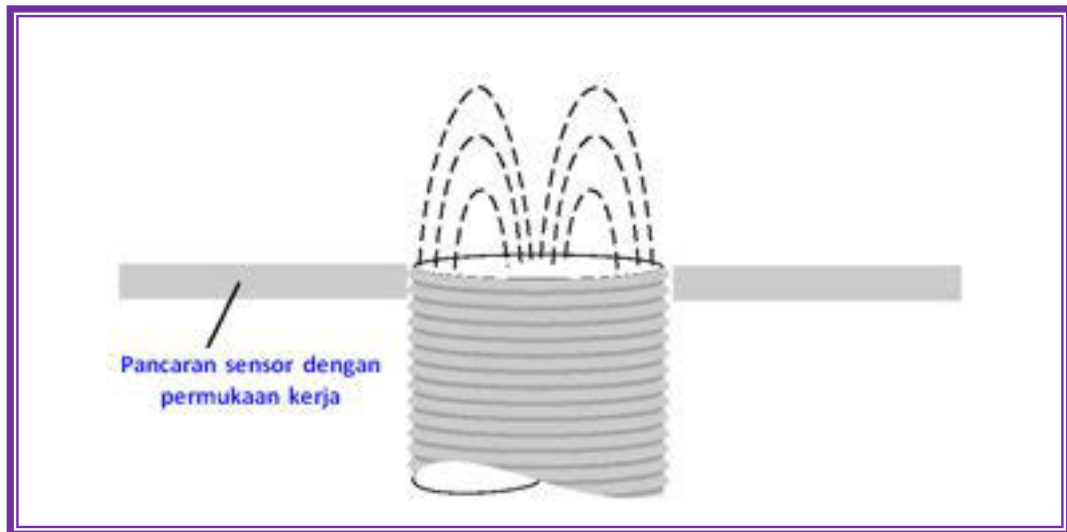
C.3.1.2 Pengulangan titik-switching

Jika suatu benda bergerak secara aksial ke daerah aktif, perubahan kapasitansi menurun berbanding terbalik dengan jarak. Perubahan kapasitansi sangat rendah, karena tergantung pada komposisi bahan dan tekstur permukaan dan suhu material. Oleh karena itu pengulangan titik-switching yang baik tidak dapat diharapkan seperti pada sensor induktif.

Gambar 4.63 Sensor proksimiti kapasitif berpelindung

C.3.1.3 Pendeteksian melalui penghalang

Satu aplikasi untuk sensor proksimiti kapasitif adalah mendeteksi level melalui penghalang. Sebagai contoh, air mempunyai dielektrik jauh lebih besar daripada plastik. Situasi ini memberi sensor kemampuan untuk “menerobos” plastik dan mendeteksi air.

Gambar 4.64 Kapasitas berubah mengikuti jarak s

C.3.1.4 Pelindung

Kebanyakan sensor kapasitif berpelindung. Sensor-sensor ini mendeteksi bahan-bahan konduktif seperti tembaga, aluminium, atau cairan konduktif, dan bahan-bahan tidak konduktif seperti kaca, plastik, kain, dan kertas. Sensor berpelindung dapat menyensor tanpa pengaruh yang melawan karakteristik penyensorannya. Harus diperhatikan bahwa sensor jenis ini adalah untuk lingkungan yang kering. Cairan pada permukaan sensor dapat menyebabkan sensor beroperasi.

Gambar 4.65 Sensor proksimiti kapasitif berpelindung

C.3.1.5 Polusi

Karena sensor kapasitif bereaksi terhadap hampir semua jenis bahan, pembasahan, kondensasi, pembekuan, atau pengaruh yang sama pada permukaan sensor dapat menyebabkan sensor beralih kondisi (switching). Untuk menghindari hal ini, sensor kapasitif dilengkapi dengan elektroda kompensasi sehingga dekat area aktif dari medan listrik bebas terbentuk.

C.3.1.6 Keuntungan dan Kerugian Sensor Kapasitif

Keuntungan:

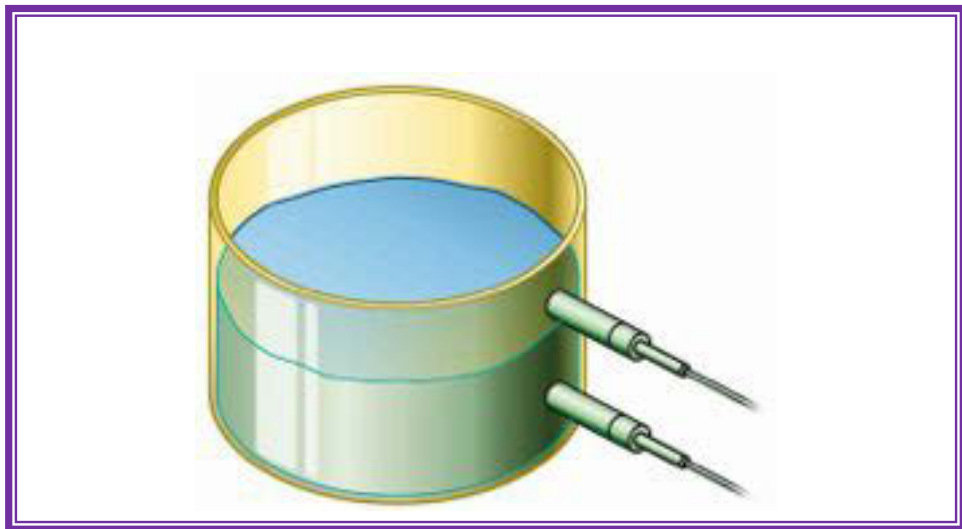
- Mendeteksi hampir semua bahan, pada logam memiliki sensitivitas terbesar.
- Keandalan tinggi untuk switching kategori sering atau jarang.
- Tidak ada kontak bouncing pada output transistor.
- Kecepatan operasi lebih besar dibandingkan dengan saklar mekanik. Jangkauan maksimum sensor induktif adalah 100 mm, sedangkan sensor kapasitif 40 mm, kecepatan operasi keduanya adalah sama.
- Dengan kompensasi polusi memiliki sedikit dampak langsung pada permukaan aktif sensor.

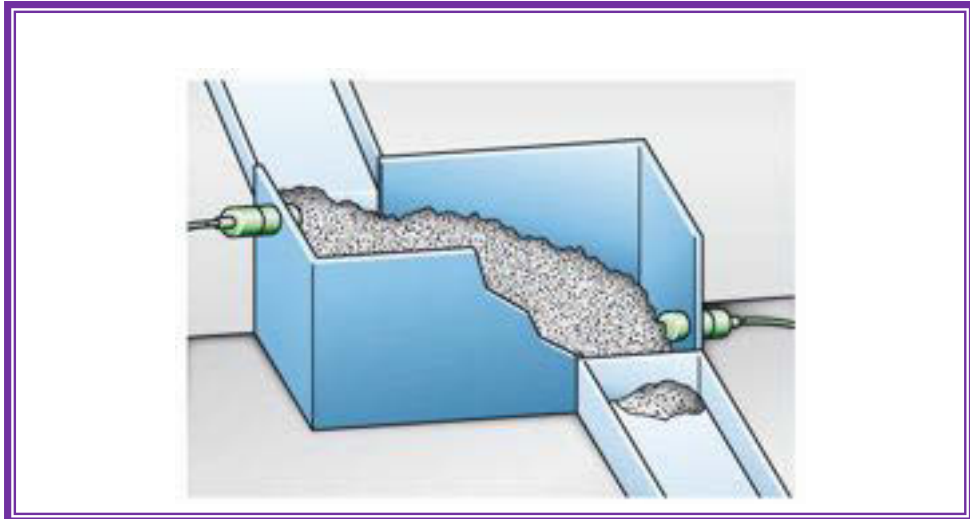
- Sistem dua kawat (sensor NAMUR untuk EX), yang menghasilkan konsumsi daya sangat rendah (= komite NAMUR Standar untuk pengukuran dan teknologi kontrol dalam industri kimia).

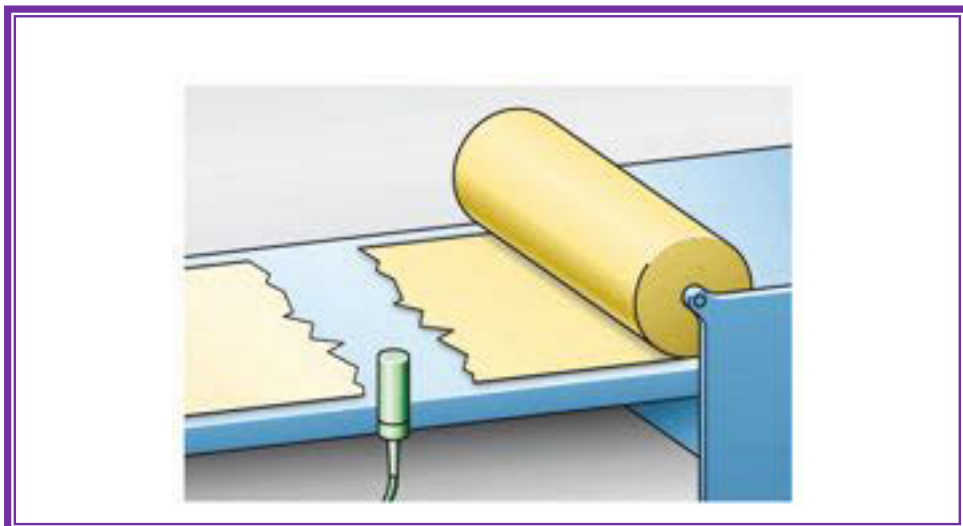
Kekurangan:

- Sensor kapasitif lebih mahal daripada sensor induktif (untuk jumlah kecil).
- Jarak obyek lebih besar daripada dalam kasus sensor induktif, tetapi lebih kecil dari sensor optik.
- Sensor kapasitif tidak bisa diproduksi dalam ukuran yang sangat kecil seperti sensor induktif, karena kapasitas dari permukaan sensor minimum tertentu diperlukan.

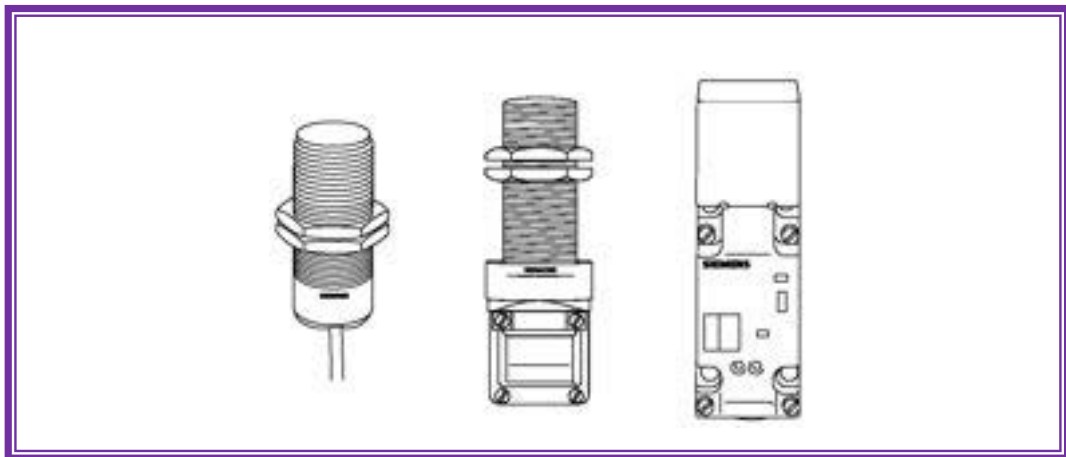
C.3.1.7 Daerah Aplikasi Sensor Kapasitif

1. Pengukuran level tanpa kontak (sensor tidak menyentuh langsung objek). Melalui kemasan, ditentukan apakah botol telah terisi.

Gambar 4.66 Pengukuran level

2. Mendeteksi padatan atau butiran.

Gambar 4.67 Deteksi butiran

3. Pemantauan ligamen. Selama film kertas atau plastik tidak robek, osilator berosilasi sensor. Robek foil, kapasitas yang terlalu rendah dan, akibatnya, osilator berosilasi tidak.

Gambar 4.68 Sensor proksimiti kapasitif berpelindung

C.3.2 Keluarga Sensor Proximity Kapasitif

Sensor kapasitif tersedia dalam versi DC atau AC. Kontrol elektronik seperti PLC atau relay dapat dikontrol secara langsung dengan versi tegangan DC. Dalam hal versi tegangan AC, beban (relai kontaktor, katup solenoid) disambung dengan sensor secara seri ke tegangan AC. Sensor tersedia dengan output dua-, tiga-, dan empat-kabel.

Gambar 4.69 Keluarga sensor proksimiti kapasitif

5.3.4 Tugas

1. Jelaskan operasi dari sensor kapasitif!
2. Bahan apa yang dapat dideteksi oleh sensor kapasitif?
3. Apa perbedaan dalam jarak deteksi film plastik tipis atau tebal?
4. Tentukan jarak deteksi sensor kapasitif dari M12 dan tipe M30.
5. Perbedaan utama antara sensor proksimiti induktif dan sensor proksimiti kapasitif adalah bahwa sensor proksimiti kapasitif menghasilkan medan …………
6. Sensor proksimiti kapasitif akan menyensor bahan ……………………
7. Makin besar kontanta ……………..bahan makin mudah bagi sensor proksimiti kapasitif untuk mendeteksinya.
8. Adalah lebih mudah bagi sensor proksimiti kapasitif untuk mendeteksi ………..daripada porcelain.
   a. teflon
   b. marble
   c. petroleum
   d. paper
9. Rating maksimum jarak penyensoran dari sensor proksimiti kapasitif adalah ……..mm

5.3.5 Tes Formatif

5.3.6 Lembar Jawaban Tes Formatif

5.3.7 Lembar Kerja Peserta Didik

5.4 Kegiatan Belajar 14: Sensor Proksimiti Ultrasonik

5.4.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah selesai mempelajari materi ini, peserta didik dapat:

a. Mengidentifikasi sensor proksimiti ultrasonik
b. Menggambarkan simbol sensor proksimiti ultrasonik
c. Menjelaskan cara kerja sensor proksimiti ultrasonik
d. Menjelaskan daerah buta dan daerah bebas pada sensor proksimiti ultrasonik
e. Menjelaskan rating-electric pada sensor proksimiti ultrasonik
f. Menjelaskan sambungan beban pada sensor proksimiti ultrasonik
g. Menjelaskan keutungan dan kerugian sensor proksimiti ultrasonik
h. Melakukan pengaturan sudut pada sensor proksimiti ultrasonik
i. Menggambarkan contoh rangkaian kontrol dengan sensor proksimiti ultrasonik
j. Mengukur karakteristik sensor proksimiti ultrasonik untuk benda yang berbeda dan jarak penyensoran yang bervariasi

5.4.2 Uraian Materi

SENSOR PROKSIMITI ULTRASONIK

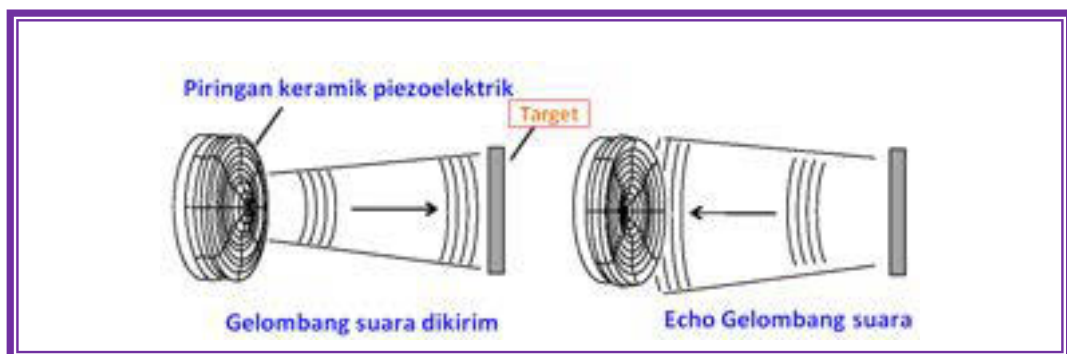
C.4 Sensor Proximity Ultrasonik

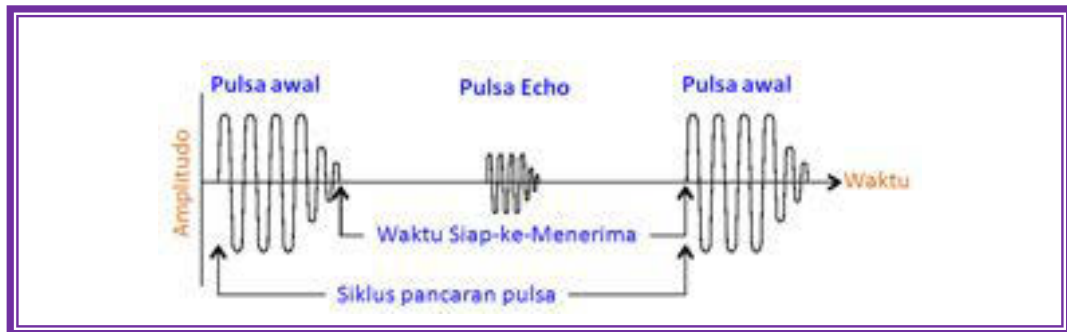
C.4.1 Teori Operasi

Sensor proksimiti ultrasonik menggunakan transduser untuk mengirim dan menerima sinyal suara frekuensi tinggi. Jika target masuk jangkauan suara dipantulkan lagi ke sensor, menyebabkan sensor mengaktifkan atau tidak mengaktifkan rangkaian output.

Gambar 4.70 Sensor proksimiti ultrasonik

C.4.1.2 Piringan Piezoelektrik

Piringan keramik piezoelektrik dipasang di dalam permukaan sensor. Ini dapat mengirim dan menerima pulsa frekuensi tinggi. Tegangan frekuensi tinggi diberikan ke piringan menyebabkan bergetar pada frekuensi yang sama. Getaran piringan menghasilkan frekuensi tinggi gelombang suara. Jika dikirimkan serangan pulsa objek akan memantulkan suara, maka dihasilkan echo. Durasi pulsa pantulan dievaluasi pada transduser. Jika target masuk ke daerah operasi preset, output sensor berubah keadaan. Jika target meninggalkan daerah operasi preset, output mengembalikan ke kondisi awal.

Gambar 4.71 Piringan keramik piezoelektrik

Pulsa yang dipancarkan 30 pulsa pada amplitudo 200kV. Echo dalam orde μV.

Gambar 4.72 Proses pengiriman pulsa

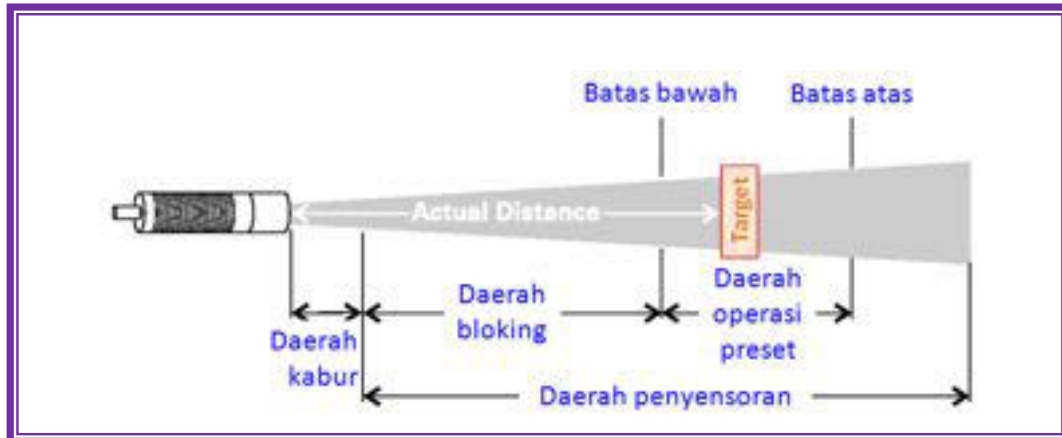
C.4.1.3 Daerah Kabur/Buta/Gelap

Daerah kabur ada di depan sensor. Daerah ini tergantung pada sensor yaitu dari 6 sampai 80 cm. Sebuah objek yang ditempatkan pada daerah kabur akan menghasilkan output yang tidak stabil.

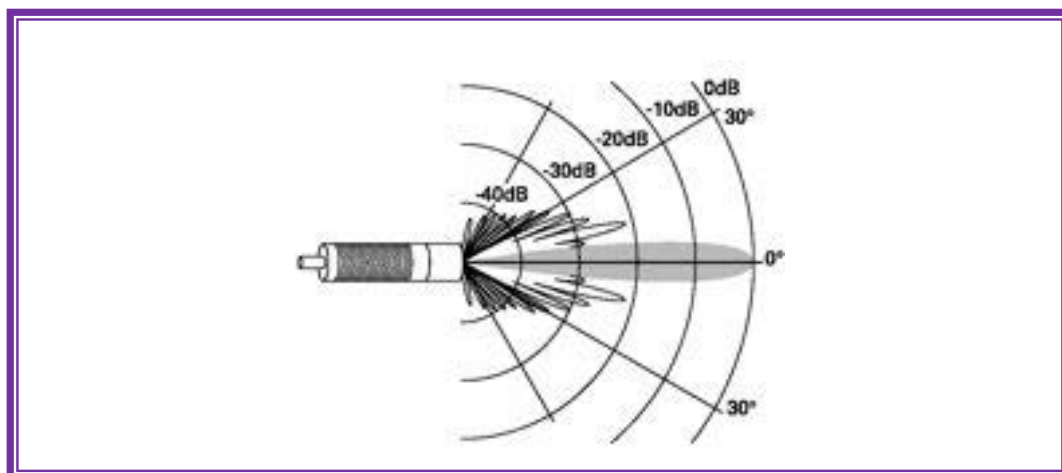
Gambar 4.73 Daerah kabur/buta/gelap sensor ultrasonik

C.4.1.4 Definisi Rentang

Interval waktu antara sinyal yang dikirim dan echo adalah berbanding lurus dengan jarak antara objek dan sensor. Rentang operasi dapat diatur dalam konteks lebar dan posisinya di dalam daerah sensor. Batas atas dapat diatur pada semua sensor. Batas bawah dapat diatur hanya dengan versi tertentu. Objek yang melewati batas atas tidak menghasilkan perubahan pada output sensor. Ini dikenal sebagai “blanking out the background”.

Pada beberapa sensor, *bloking range* juga ada. Ini antara batas bawah dan daerah kabur. Sebuah objek di dalam blocking range akan menghalangi identifikasi target di daerah operasi. Ada sinyal output yang dberikan ke daerah operasi dan daerah output.

Gambar 4.74 Daerah-daerah pada sensor ultrasonik

C.4.1.5 Pola Radiasi

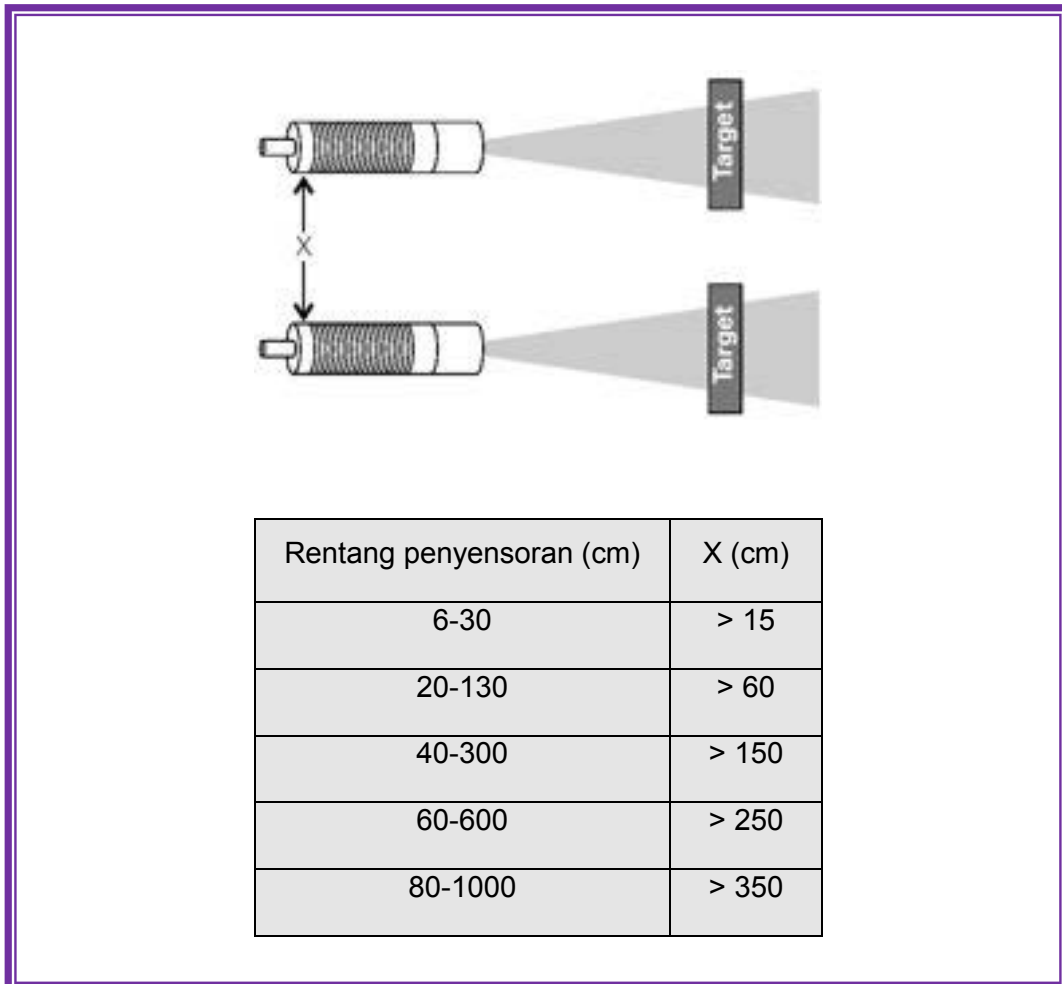
Pola radiasi sensor ultrasonik terdiri dari kerucut utama dan beberapa kerucut samping. Pendekatan nilai sudut kerucut utama adalah 5°.

Gambar 4.75 Pola radiasi sensor ultrasonik

C.4.1.6 Daerah Bebas

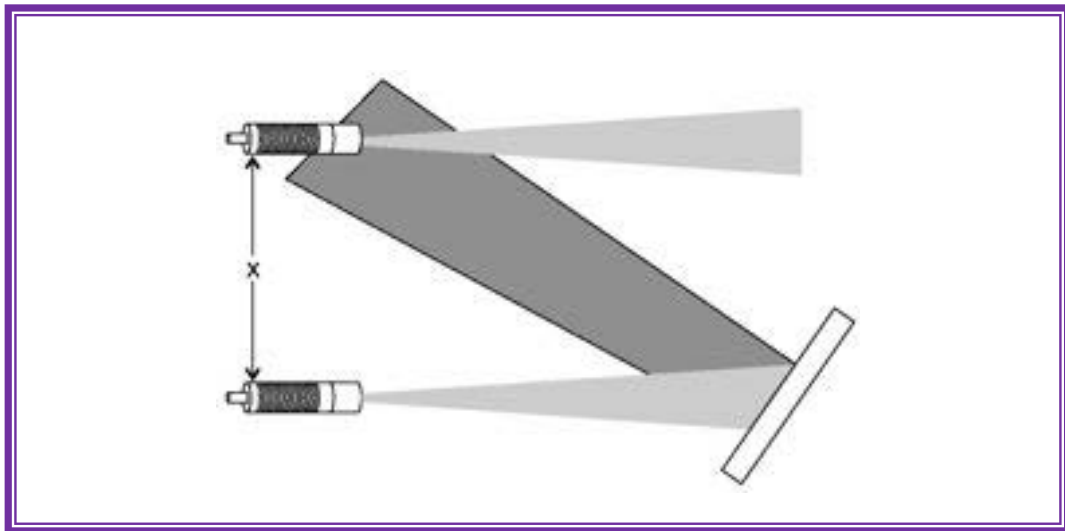
Daerah bebas harus dijaga sekitar sensor untuk memberi akses bagian kerucut samping. Contoh berikut memperlihatkan daerah bebas yang diperlukan untuk situasi yang berbeda.

C.4.1.7 Sensor Paralel

Dalam contoh pertama, dua sensor sonar dengan rentang penyensoran yang sama, ditempatkan paralel satu sama lain. Target adalah tegak lurus terhadap kerucut suara. Jarak antar sensor ditentukan dengan rentang penyensoran. Segabai contoh, jika rentang penyensoran dari sensor adalah 6 cm, mereka harus ditempatkan pada jarak paling sedikit 15 cm.

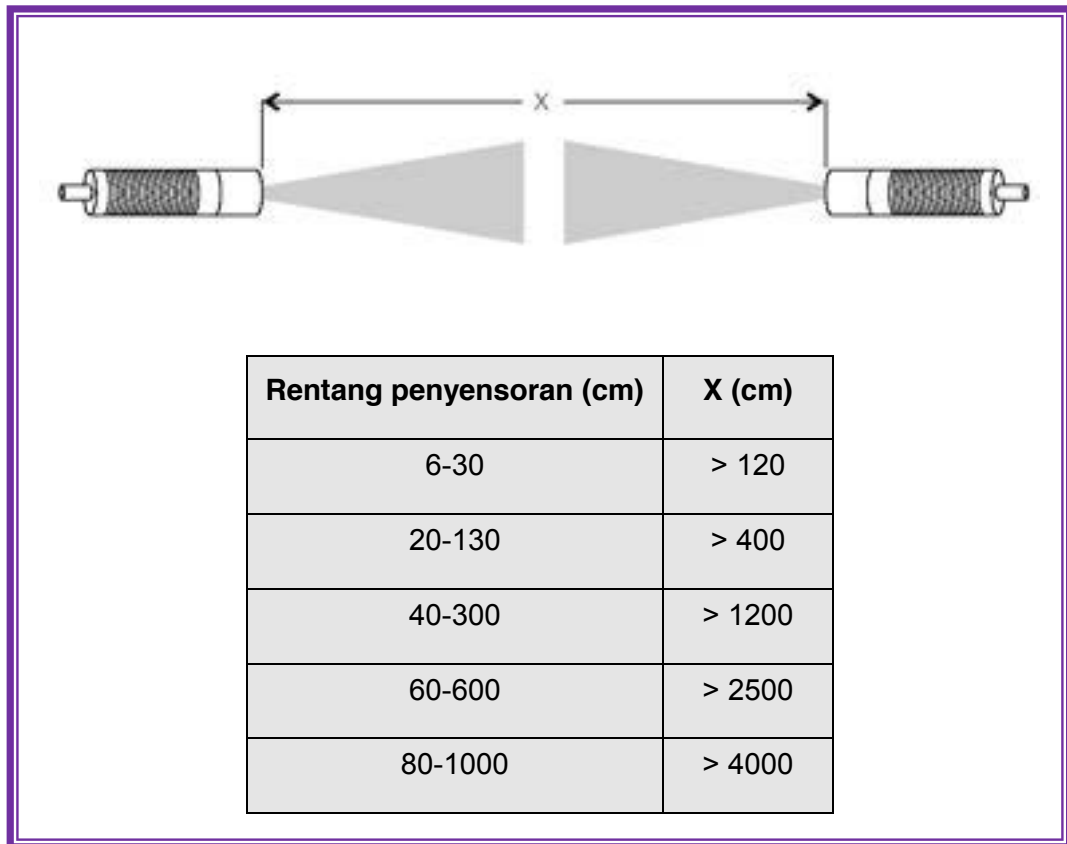
Rentang penyensoran (cm)	X (cm)
6-30	> 15
20-130	> 60
40-300	> 150
60-600	> 250
80-1000	> 350

Gambar 4.76 Sensor paralel

C.4.1.8 Saling Mengganggu

Saling mengganggu terjadi ketika piranti sonar diletakkan pada jarak yang berdekatan satu sama lain dan target diposisi memantulkan echo (gema) kembali ke sensor. Dalam hal ini, jarak antar sensor (X) dapat ditentukan melalui eksperimen.

Gambar 4.77 Dua sensor sonar saling mengganggu

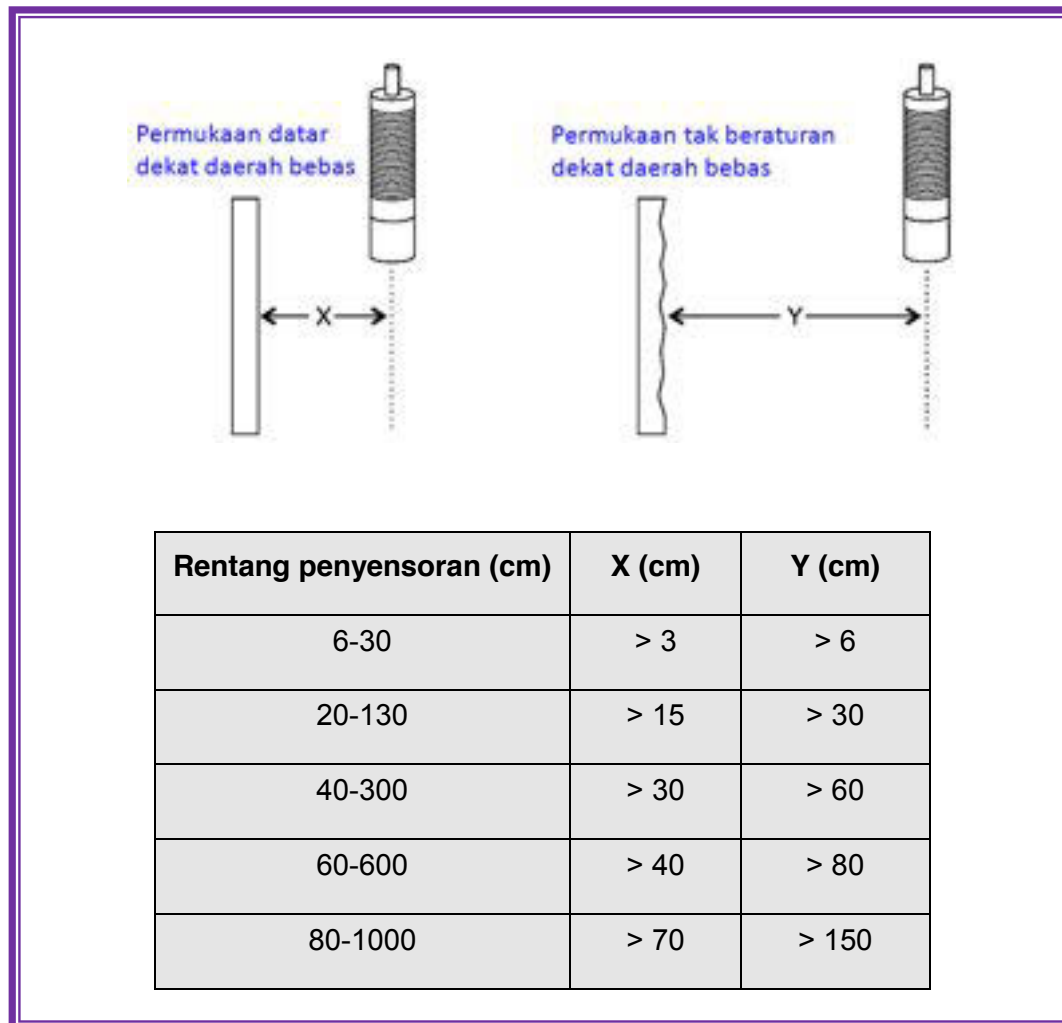
C.4.1.9 Sensor Saling Berhadapan

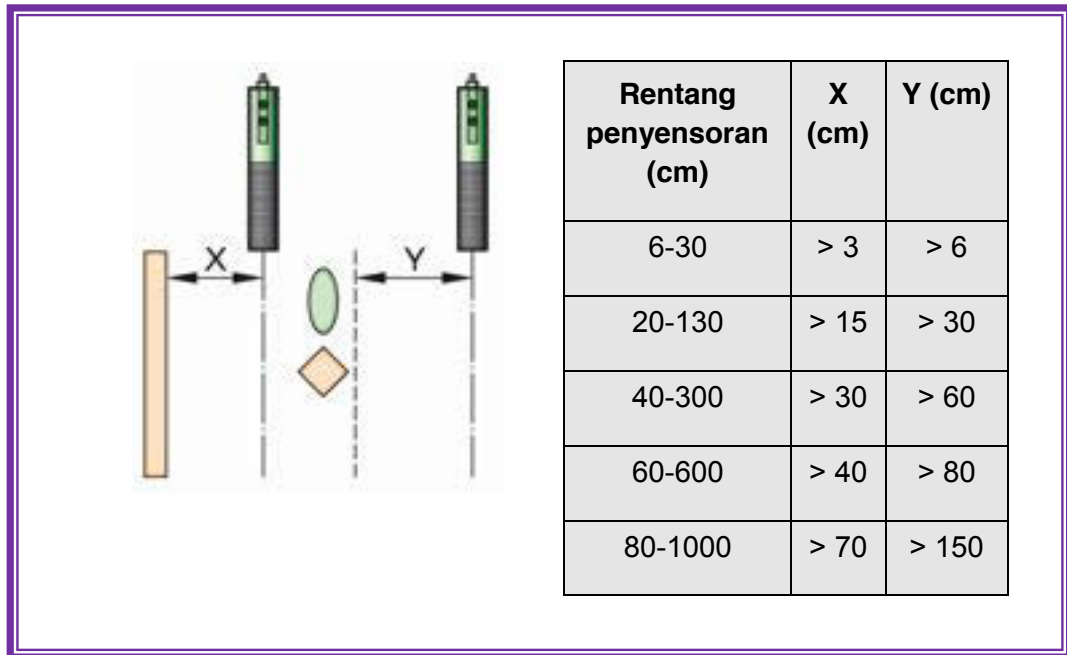
Pada contoh berikut ini, dua sensor sonar dengan daerah penyensoran yang sama telah ditempatkan saling berhadapan satu sama lain. Jarak minimum (X) diperlukan antara sensor yang saling berhadapan sedemikian rupa sehingga tidan saling mengganggu.

Rentang penyensoran (cm)	X (cm)
6-30	> 120
20-130	> 400
40-300	> 1200
60-600	> 2500
80-1000	> 4000

Gambar 4.78 Sensor saling berhadapan

C.4.1.10 Permukaan Berbentuk Datar Dan Tak Beraturan

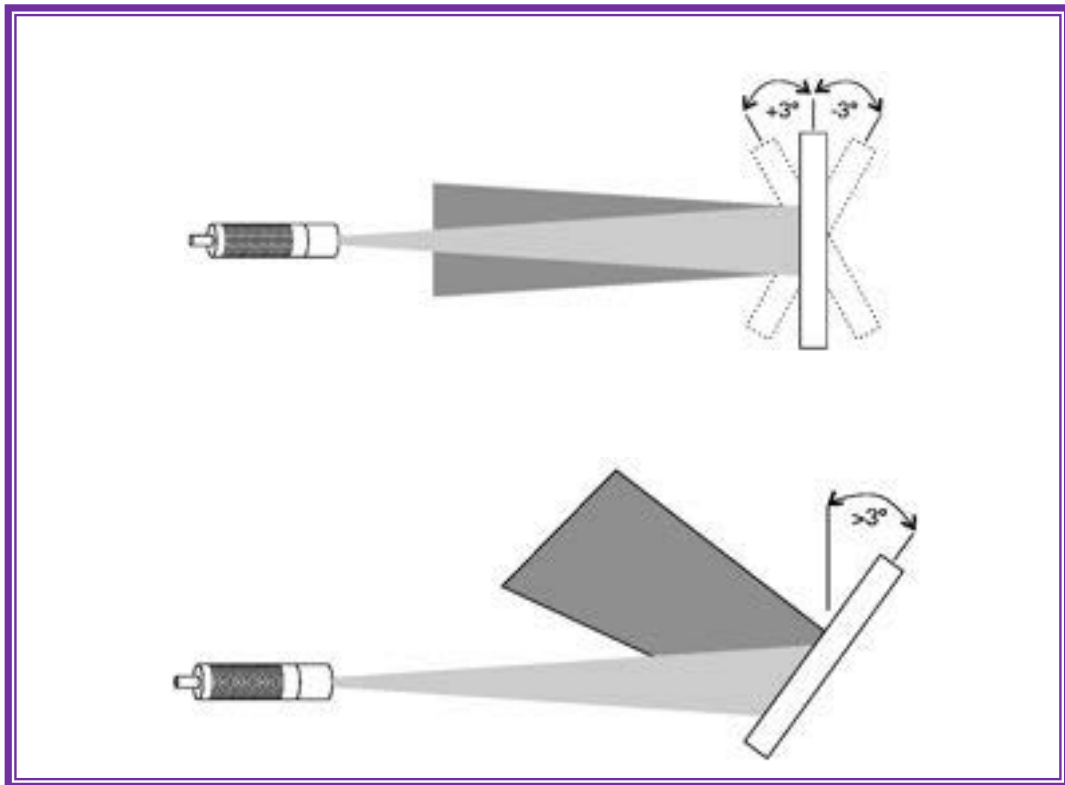
Sensor sonar ditempatkan di dekat permukaan yang datar, seperti tembok atau permukaan mesin yang halus, membutuhkan area bebas yang lebih pendek daripada ke permukaan berbentuk tak teratur.

Rentang penyensoran (cm)	X (cm)	Y (cm)
6-30	> 3	> 6
20-130	> 15	> 30
40-300	> 30	> 60
60-600	> 40	> 80
80-1000	> 70	> 150

Gambar 4.79 Sensor ultrasonik di dekat permukaan datar maupun permukaan tak beraturan

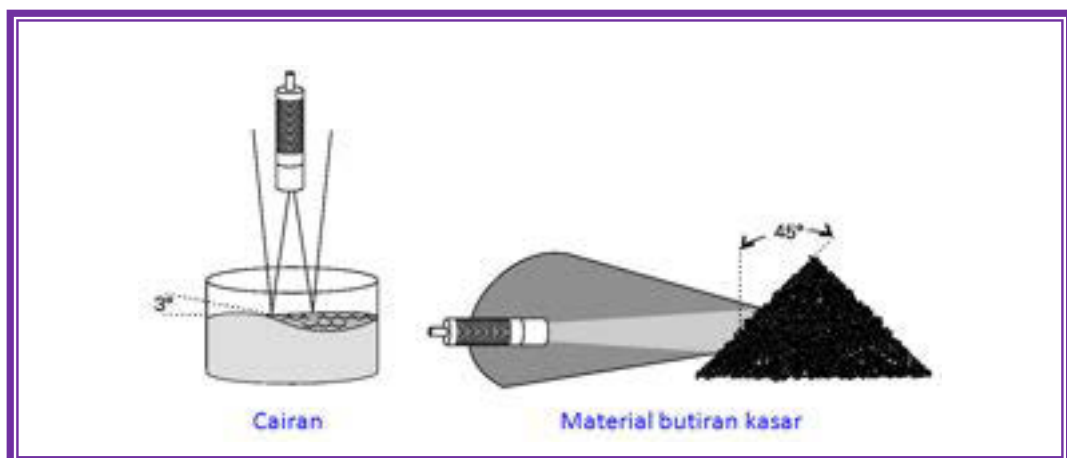
Rentang penyensoran (cm)	X (cm)	Y (cm)
6-30	> 3	> 6
20-130	> 15	> 30
40-300	> 30	> 60
60-600	> 40	> 80
80-1000	> 70	> 150

Gambar 4.80 Jarak dinding paralel, ruang bebas dengan jarak x, dengan benda-benda lain dalam jarak y

C.4.1.11 Pengaturan Sudut Kemiringan

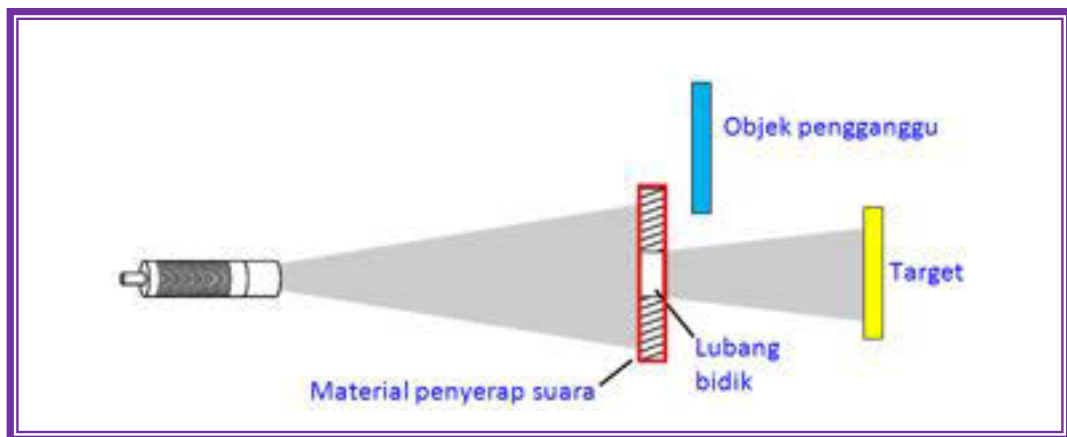
Sudut masuk kerucut suara harus dipertimbangkan. Simpangan maksimum dari arah pengiriman ke permukaan datar ±3°.

Jika sudut lebih besar daripada 3° pulsa sonik akan dipantulkan menjauh dan sensor tidak dapat menerima echo (gema).

Gambar 4.81 Sudut kemiringan objek sensor sonar

C.4.1.12 Cairan Dan Material Butiran Kasar

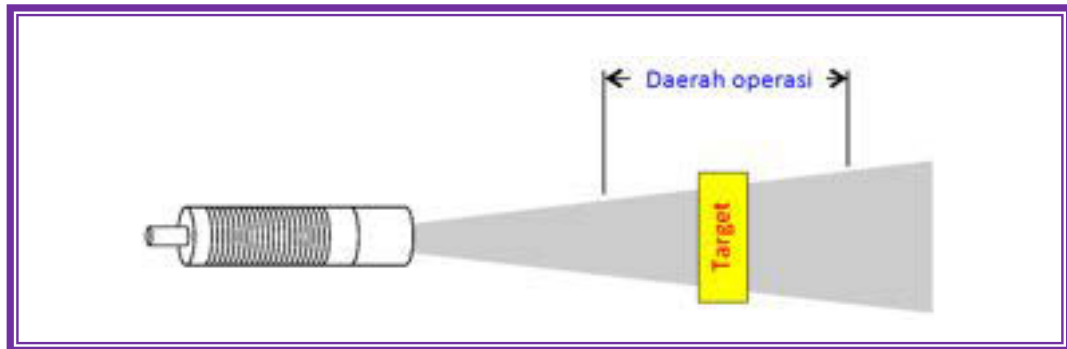
Cairan, seperti air, juga terbatas untuk pengaturan sudutnya pada 3°. Material butiran kasar, seperti pasir, dapat memiliki sudut penyimpangan hingga 45°. Ini dikarenakan suara dipantulkan dengan sudut yang lebih besar oleh material butiran kasar.

Gambar 4.82 Sensor sonar pada cairan dan material butiran kasar

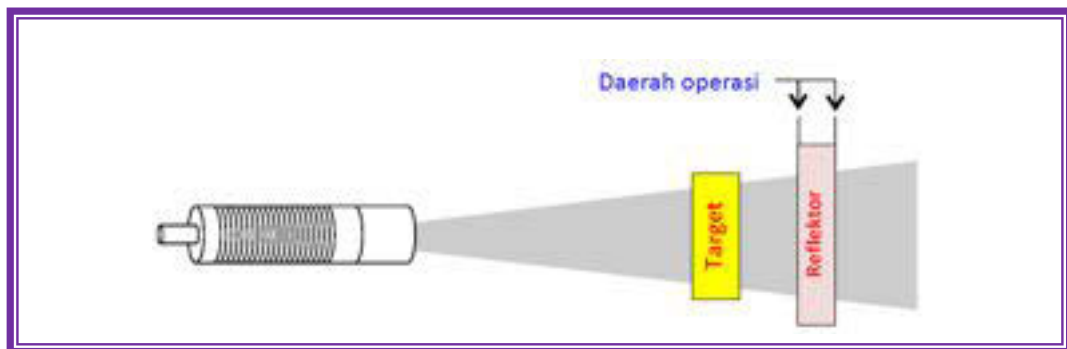
C.4.1.13 Objek Lubang Bidik

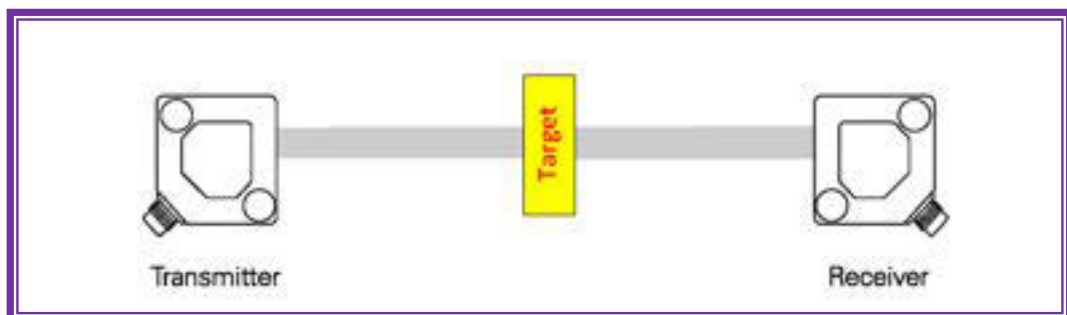
Sebuah objek dapat ditempatkan di sekitar kerucut suara yang yang menyebabkan operasi sensor tidak sempurna. Objek-objek ini dapat di buat lubang bidik untuk keluarnya suara dengan menggunakan bahan yang menyerap suara, seperti tembok batu. Hal ini akan memper-sempit kerucut suara dan mencegah pulsa dari objek-objek pengganggu.

Gambar 4.83 Keberadaan lubang bidik

C.4.1.14 Mode Operasi

Sensor sonar dapat disetup untuk beroperasi dalam beberapa mode: difuse, reflex, dan thru-beam.

Mode operasi difuse merupakan mode operasi standar. Objek, bergerak dalam segala arah masuk ke dalam daerah operasi kerucut suara, menyebabkan output sensor berubah keadaan. Mode operasi ini adalah sama untuk sensor proksimiti.

Gambar 4.84 Mode operasi difuse

Mode reflek menggunakan reflektor (pemantul) yang ditempatkan di dalam daerah operasi preset. Daerah operasi diatur untuk reflektor. Pulsa dipantulkan reflektor dan pulsa gema dikembalikan ke sensor. Jika target memblok pulsa gema, output diaktifkan. Biasanya digunakan dalam aplikasi dimana target bukan merupakan penyerap suara yang baik.

Gambar 4.85 Mode operasi reflek

Sensor thru-beam terdiri dari sebuah transmitter, yang memancarkan pulsa ultrasonik, dan sebuah receiver. Jika beam (sorotan) antara transmitter dan receiver diputus maka output receiver akan merubah keadaan.

Gambar 4.86 Mode operasi thru-beam

C.4.1.15 Pengaruh Lingkungan

Waktu perjalanan waktu dapat dipenga-ruhi oleh sifat fisik udara. Ini pada gilirannya dapat mempengaruhi jarak operasi preset dari sensor.

Tabel 4.8 Pengaruh lingkungan pada sensor sonar

Kondisi	Pengaruh
Suhu	Kecepatan gelombang sonic berubah dengan 0.17%/°K. Kebanyakan sensor mempunyai pengaturan kompensasi.
Tekanan	Dengan variasi atmosferik normal ±5%, variasi kecepatan suara sekitar ±0.6%. Kecepatan suara berkurang 3.6% antara level laut dan 3 km diatas level laut. Atur sensor untuk daerah perasi yang sesuai.
Vakuum	Sensor tidak akan beroperasi di dalam vakuum
Kelembaban	Kecepatan suara meningkat seiring meningkatnya kelembaban. Ini membawa pengaruh pada jarak yang lebih pendek terhadap target. Peningkatan kecepatan dari udara kering ke udara basah-jenuh mencapai hingga 2.
Aliran udara	Kecepatan angin: <50 km/h, tidak ada pngaruh 50-100 km/h, hasil tidak dapat diprediksi >100 km/h, tidak ada gema yang diterima sensor.
Gas	Sensor didesain untuk operasi dalam kondisi atmosferik normal. Jika sensor dioperasikan dengan jenis atmosfeer yang lain, seperti karbon dioksida, pengukuran akan menjadi error.
Hujan	Hujan atau salju dengan kepadatan normal tidak akan mengganggu operasi sensor. Permukaan sensor tetap akan terjaga kering.
Basah cat	Basah cat di udara tidak akan berpengaruh, bagaimanapun, basah cat, sebaiknya tidak menempel di permukaan transduser.
Debu	Lingkungan berdebu dapat mengurangi daerah penyensoran hingga 25-33%.

C.4.1.16 Kelebihan dan Kekurangan Sensor Ultrasonik

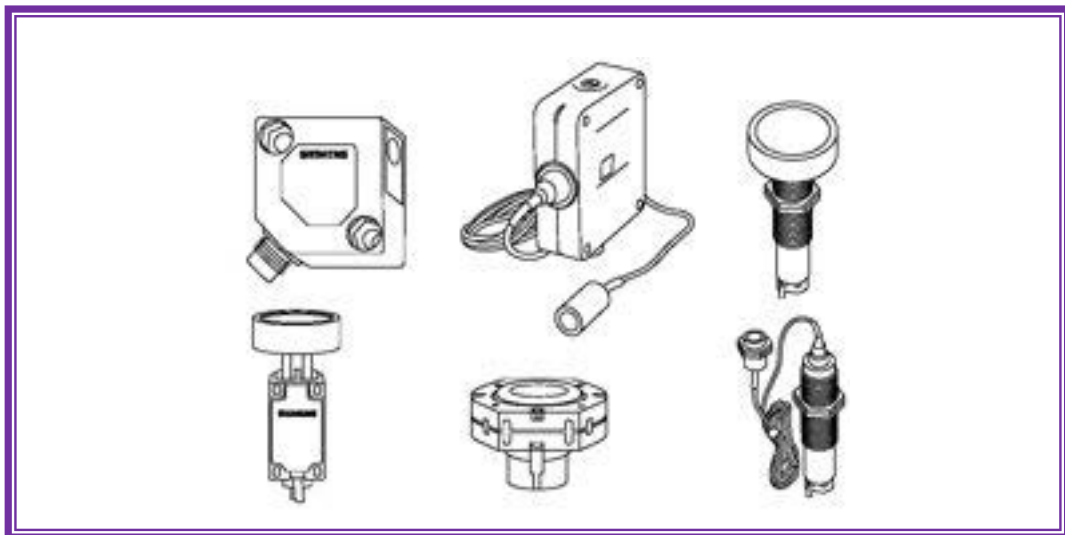
Kelebihan sensor ultrasonik:

- Bahan sampling lengkap, kecuali kapas dan sejenisnya.
- Sensitif terhadap debu, kabut, pencahayaan dan polusi yang ekstrim.
- Pengukuran jarak yang sebenarnya dimungkinkan.

Kekurangan:

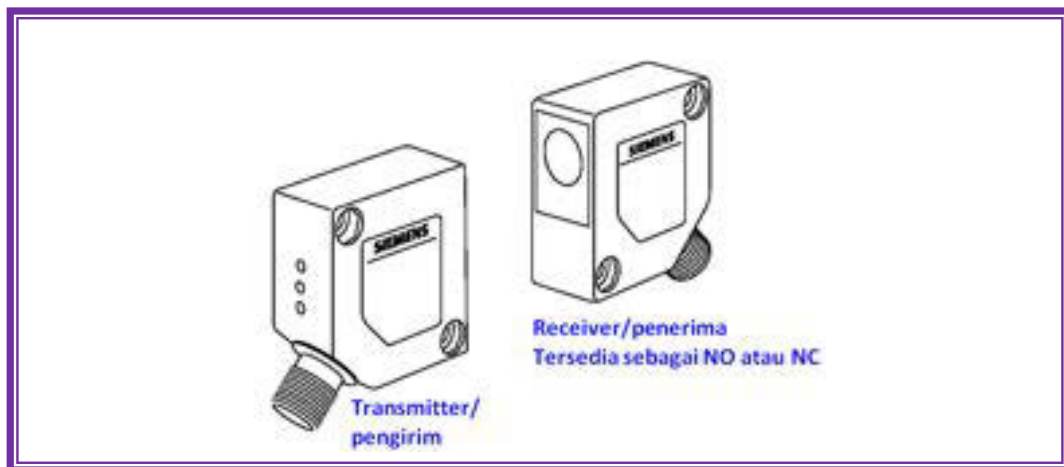
- Dibandingkan dengan sensor optik, induktif dan kapasitif, sensor ultrasonik lebih lambat.
- Dibandingkan dengan sensor optik, ultrasonik mengonsumsi daya lebih tinggi sebagai optik dan jauh lebih tinggi daripada sensor induktif dan kapasitif.
- Tidak boleh beroperasi dalam ruang dengan potensi ledakan.
- Tidak dapat digunakan pada objek yang sangat panas.

C.4.2 Keluarga Sensor Proximity Ultrasonik

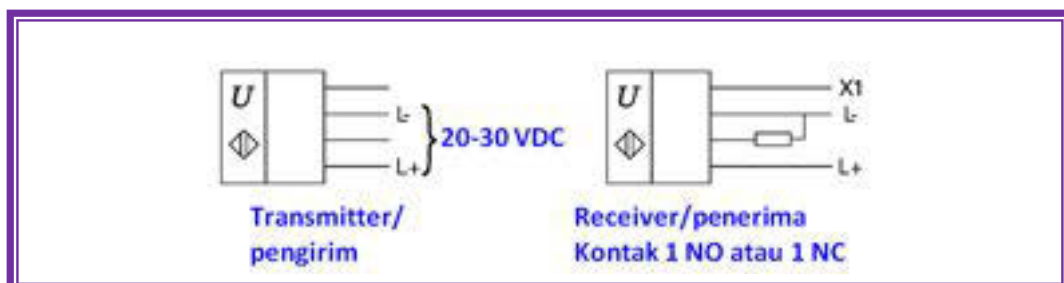
Keluarga sensor proksimiti utrasonik terdiri dari sensor Thru-beam, sensor kompak, dan sensor modular.

Gambar 4.87 Keluarga sensor proksimiti ultrasonik

C.4.2.1 Thru-beam

Sensor thru-beam terdiri dari transmitter dan receiver. Transmitter mengirim bunyi secara terus menerus. Jika target diletakkan antara transmitter dan receiver maka bunyi terputus, yang menyebabkan output receiver merubah keadaan.

Tegangan operasinya adalah 20-30 VDC. Frekuensi pensakelarannya adalah 200 Hz pada 40 cm jarak penyensoran.

Gambar 4.88 Sensor ultrasonik thru-beam

C.4.2.2 Receiver Thru-beam

Ada dua receiver tersedia untuk sensor thru-beam. Keduanya menggunakan transis-tor PNP. Salah satu receiver menyediakan kontak normally open (NO) dan lainnya kontak normally closed (NC).

Gambar 4.89 Receiver sensor ultrasonik thru-beam

Setting sensitivitas dan frekuensi sensor thru-beam adalah fungsi dari sambungan X1 pada receiver.

Tabel 4.9 Nilai setting sensitivitas dan frekuensi

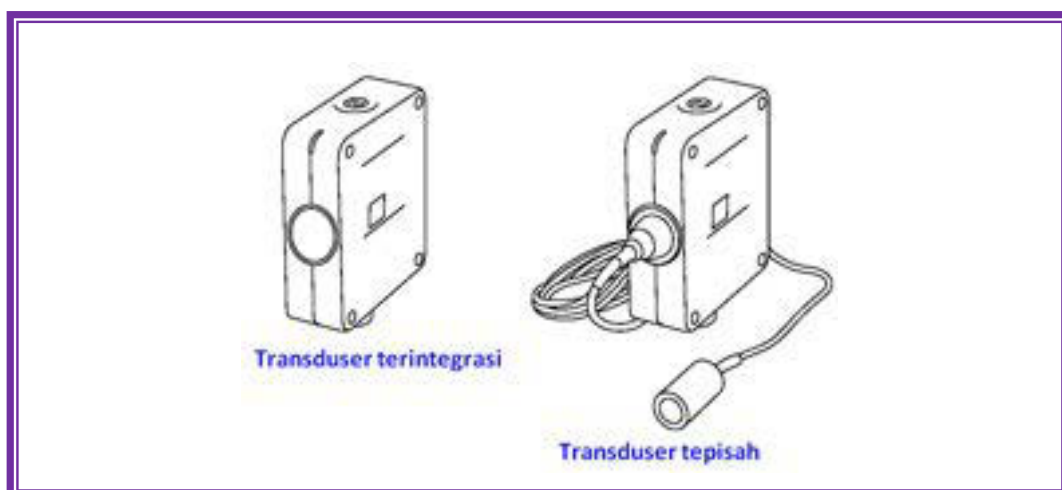
Receiver	Jarak (cm)	Frekuensi pensakelaran (Hz)
X1 Open	5-150	100
X1 ke L-	5-80	150
X1 ke L+	5-40	200

Ukuran minimum objek yang dapat dideteksi adalah fungsi jarak antara transmitter dan receiver. Jika jarak antara transmitter dan receiver kurang daripada 40 cm dan lebar celah minimum antara dua objek minimal 3 cm, objek 2 cm atau lebih besar akan dideteksi.

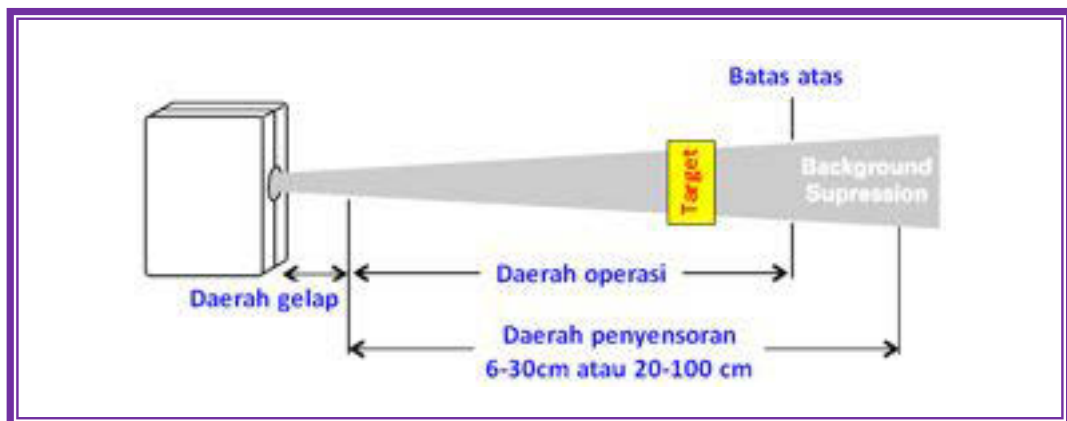
Jika jarak antara dua sensor berkurang, bahkan celah kurang dari 1 mm dapat dideteksi. Pada jarak penyensoran maksimum, objek lebih besar dari 4 cm akan dideteksi, terdapat celah antara objek lebih besar daripada 1 cm.

C.4.2.3 Compact Range 0

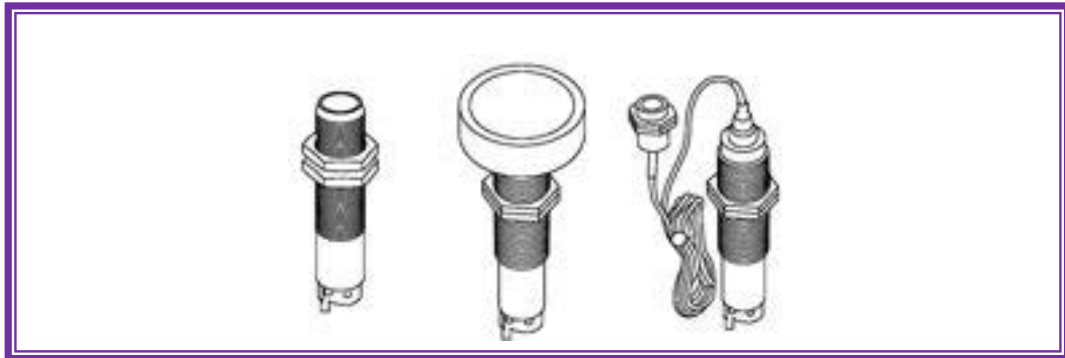
Sensor compact range 0 tersedia menyatu dengan receiver atau terpisah dengan receiver, terkonfigurasi dengan output normally open (NO), normally closed (NC) atau analog. Sensor-sensor ini mempunyai bentuk kubik (88x65x30 mm).

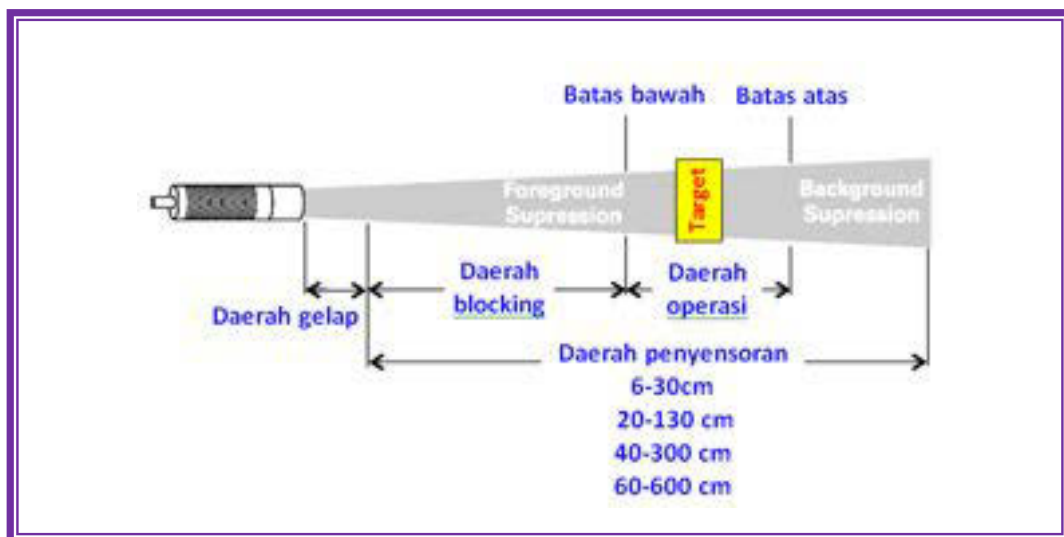
Sensor beroperasi pada 18-35 VDC dan dapat menghandel beban hingga 100 mA.

Gambar 4.90 Sensor ultrasonik compact range 0

Tergantung pada sensor, daerah penyensoran antara 6-30 cm (transducer terpisah) atau 20-100 cm (transducer terintegrasi). Frekuensi pensakelaran bervariasi antara 5 Hz sampai 8 Hz.

Sensor compact range 0 memiliki background suppression (latar belakang penindasan). Artinya batas atas daerah penyensoran diatur dengan potensiometer. Target dalam daerah penyensoran tetapi melewati daerah pensakelaran batas atas tidak akan dideteksi.

Gambar 4.91 Background suppression pada sensor

C.4.2.4 Compact Range I

Sensor compact range I tersedia dengan kontak normally open (NO) atau normally closed (NC). Tersedia juga dengan dua output, satu NO dan satu NC. Sensor-sensor ini mempunyai bentuk siindris (M30x150 mm). Beberapa versi tersedia, termasuk dengan transducer terpisah (diperlihatkan) dan kepala miring (tidak diperlihatkan). Sensor beroperasi pada 20-30 VDC dan dapat menghandel beban hingga 200 mA.

Gambar 4.92 Sensor compact range I

Tergantung pada daerah penyensoran sensor apakah 6-30 cm, 20-130 cm, 40-300 cm, atau 60-600 cm. Frekuensi pensakelaran bervariasi dari 1 Hz sampai 8 Hz. Sensor compact range I mempunyai background dan foreground suppression. Ini artinya batas atas dan batas bawah daerah penyensoran dapat diatur dengan potensiometer terpisah. Target di dalam daerah penyensoran tetapi melebihi daerah pensakelaran batas atas dan bawah tidak akan dideteksi.

Gambar 4.93 Background dan foreground suppression pada sensor

C.4.2.5 Sensor Ultrasonik Dapat Diprogram

Sensor ultrasonik diatas adalah sensor yang tidak dapat diatur atau dapat diatur secara manual dengan potensiometer. Tetapi tersedia juga di pasaran sensor ultrasonik yang dapat diprogram dengan komputer.

C.4.2.6 Sensor Ultrasonik Dan Sensor Optik

Tabel 4.10 Perbandingan sensor ultrasonik dan sensor optik (photosensor)

	Sensor Ultrasonik	Sensor Optik
Titik Switching	Tidak tergantung dari permukaan material, warna, intensitas cahaya dan kontras optik.	Tergantung pada permukaan material, warna, intensitas cahaya dan kontras optik (hanya lampu).
Kepekaan	Kebal terhadap kotoran, sehingga bebas perawatan. Peka terhadap: • Perubahan suhu sekitar • Perubahan densitas medium, misalnya, tekanan tinggi - mengubah kecepatan switching, menjadi lebih tinggi	Sensitif terhadap polusi, tidak bebas perawatan. Dalam kabut (kepadatan media lebih tinggi), sensor optik mungkin gagal.
Akurasi[1]	> 1 mm	> 0.25 mm
Frekuensi Switching	Terletak di 8 Hz	Terletak di 1000 Hz
Dipengaruhi oleh	Turbulensi udara (dalam kasus v > 20 m/s) dan suhu udara.	Tidak terpengaruh oleh udara dan suhu.

[1] Pada sensor akustik (suara) waktu sangat penting, obyek yang akan dideteksi setidaknya masuk di daerah deteksi sensor. Waktu ini disebut waktu respon dan di kisaran 35 ms 500 ms tergantung jangkauan.

5.4.3 Rangkuman

5.4.4 Tugas

1. Sensor proksimiti ultrasonik menggunakan sinyal frekuensi tinggi …………….untuk mendeteksi keberadaan target.
2. Daerah buta sensor proksimiti ultrasonik dapat berkisar dari ……….sampai…………, tergantung dari sensor.
3. Sudut pendekatan kerucut suara utama sensor proksimiti ultrasonik adalah …….derajat
4. Daerah bebas antara dua sensor ultrasonik paralel dengan daerah penyensoran 20-130cm haruslebih besar daripada …….cm
5. Sudut penyimpangan maksimum dari arah pengirim dari sensor ultrasonik ke permukaan datar adalah …….derajat
6. Mode……………adalah mode standar operasi sensor ultrasonik.
7. Dengan jenis sensor yang mana, sensor ultrasonik terbaik dapat dibandingkan?
8. Jelaskan mengapa sensor ultrasonik memiliki zona buta!
9. Nama dua variabel fisik yang dapat mempengaruhi nilai yang diukur sensor?
10. Apa yang menyebabkan pantulan suara menjadi terganggu?
11. Hal penting apa yang harus diperhatikan dalam perakitan sensor ultrasonik?
12. Berapa jarak sensor ultrasonik untuk rentang deteksi 40 cm sampai 300 cm dengan dinding paralel?

5.4.5 Tes Formatif

5.4.6 Lembar Jawaban Tes Formatif

5.4.7 Lembar Kerja Peserta Didik

5.5 Kegiatan Belajar 15: Sensor Photoelektrik

5.5.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah selesai mempelajari materi ini, peserta didik dapat:

a. Mengidentifikasi sensor photoelektrik
b. Menggambarkan simbol sensor photoelektrik
c. Menjelaskan cara kerja sensor photoelektrik
d. Menjelaskan berbagai teknik scan pada sensor photoelektrik
e. Menjelaskan rating-electric pada sensor photoelektrik
f. Menjelaskan sambungan beban pada sensor photoelektrik
g. Menjelaskan mode operasi pada sensor photoelektrik
h. Menjelaskan aplikasi khusus sensor thru-beam
i. Menghitung pengurangan jarak pada sensor diffuse
j. Menggambarkan contoh rangkaian kontrol dengan sensor photoelektrik
k. Mengukur karakteristik sensor photoelektrik untuk target/benda yang berbeda dan jarak penyensoran yang bervariasi

5.5.2 Uraian Materi

SENSOR PHOTOELEKTRIK

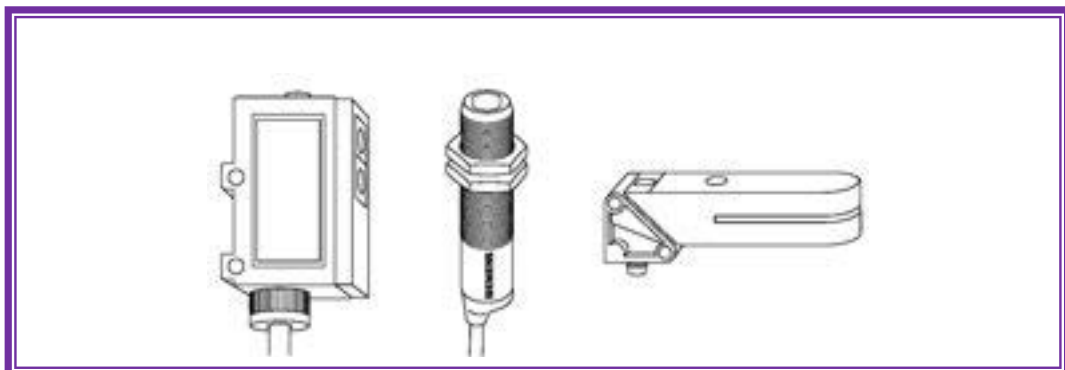
D. Sensor Photoelektrik

Sebuah sensor optik responsif terhadap perubahan dalam jumlah cahaya yang diterima. Sebuah sinar cahaya yang dipancarkan dari dioda pemancar dan sinar menuju obyek yang akan dideteksi terputus (melalui sensor-beam) atau dipantulkan kembali ke penerima (penghalang cahaya pantul, tombol tekan). Variasi intensitas cahaya yang diterima menyebabkan aktivasi output switching.

Beberapa sensor photoelektrik yang ada di pasaran seperti berikut ini:

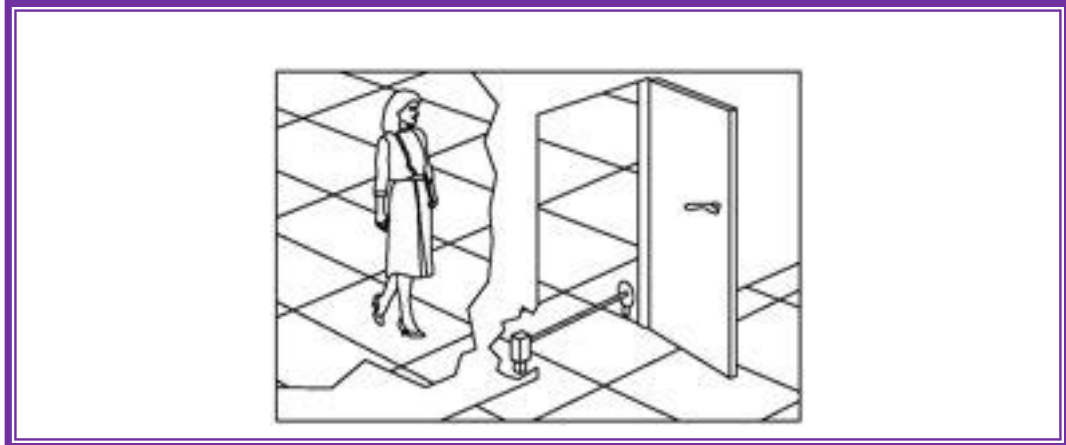
Gambar 4.94 Sensor photoelektrik

D.1 Teori Operasi

Sensor photoelektrik adalah jenis lain piranti pendeteksi posisi. Sensor photoelektrik, sejenis seperti cotoh dibawah, menggunakan sinar lampu yang dimodulasi yang dirusak atau dipantulkan oleh target.

Gambar 4.95 Sensor photoelektrik

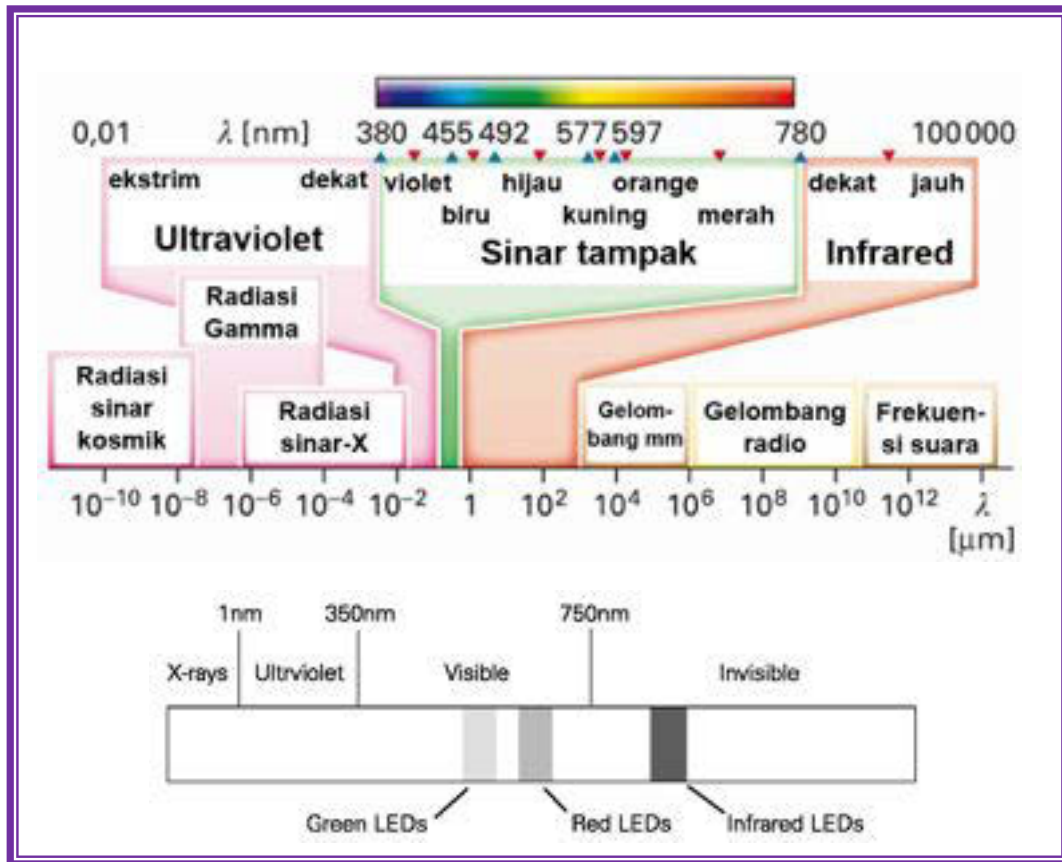
Kontrol terdiri dari sebuah emitter (pemancar sumber cahaya), receiver (penerima) untuk mendeteksi sinar yang dipancarkan, dan rangkaian elektronik

yang mengevaluasi dan menguatkan sinyal terdeteksi yang menyebabkan output photoelektrik berubah keadaan.

Kita faham dengan aplikasi sederhana sensor photoelektrik yang ditempatkan di pintu masuk supermarket untuk mendeteksi kehadiran pelanggan.

Gambar 4.96 Aplikasi sensor photoelektrik

D.1.1 Sinar Dimodulasi

Sinar termodulasi memperlebar daerah penyensoran dan mengurangi efek sinar sekitar. Sinar termodulasi digetarkan pada frekuensi tertentu antara 5 dan 30 kHz. Sensor photoelektrik mampu membedakan sinar termodulasi dari sinar sekitarnya. Sumber sinar digunakan oleh sensor-sensor ini dalam daerah spektrum cahaya dari sinar hijau yang dapat dilihat sampai inframerah yang tak terlihat. Sumber diode pemancar sinar (LED) biasanya digunakan.

Cahaya terdiri dari gelombang elektromagnetik yang merambat jauh dari sumber, dalam ruang hampa dengan kecepatan cahaya (300.000 km/s). Sensor optik beroperasi dengan baik dalam kisaran panjang gelombang cahaya tampak dari 400 nm sampai 800 nm, serta cahaya inframerah dengan panjang gelombang dari 800 nm sampai 1000 nm.

Gambar 4.97 Spektrum cahaya

D.1.2 Ruang Jarak

Dua piranti photoelektrik dioperasikan dalam jarak yang dekat sehingga dapat saling mengganggu. Permasalahan dapat diatasi dengan penjajaran atau penutupan. Berikut ini jarak antara sensor-sensor diberikan sebagai titik awal. Dalam beberapa hal jika perlu dapat menambah jarak antar sensor-sensor.

Tabel 4.11 Jarak antar sensor yang diijinkan

Model Sensor	Jarak
D4 mm / M5	50 mm
M12	250 mm
M18	250 mm
K31	250 mm
K30	500 mm
K40	750 mm

Model Sensor	Jarak
K80	500 mm
L18	150 mm
L50 (Diffuse)	30 mm
L50 (Thru-beam)	80 mm

D.1.3 Keuntungan Lebih

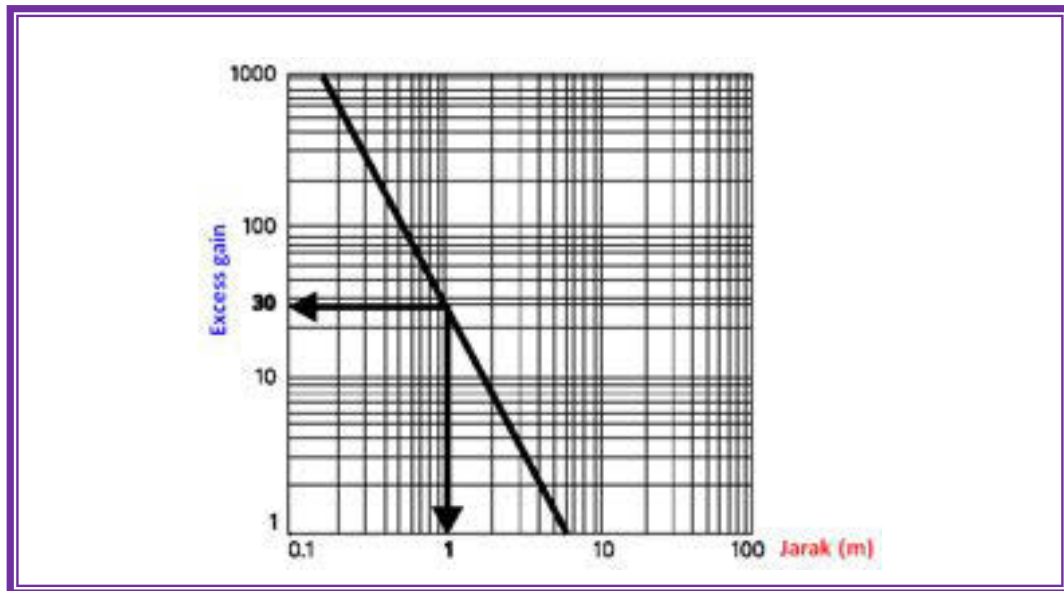
Beberapa lingkungan, terutama aplikasi industri, termasuk debu, kotoran, asap, lembab, atau kontaminasi di udara yang lain. Operasi sensor di lingkungan yang mengandung kontaminasi ini membutuhkan sinar ebih untuk dapat beroprasi secara baik. Ada enam tingkat kontaminasi:

1. Udara bersih (kondisi ideal, iklim terkontrol atau steril)
2. Kontaminasi ringan (dalam ruang, area bukan industri, bangunan kantor)
3. Kontaminasi rendah (rumah gudang, industri sinar, operasi handling material)
4. Kontaminasi menengah (operasi frais, kelembaban tinggi, uap)
5. Kontaminasi tinggi (udara berpartikel berat, lingkungan tempat pencucian, pengangkutan butir padi)
6. Kontaminasi ekstrim/berat (tempat penyimpanan arang batubara, sisa lensa).

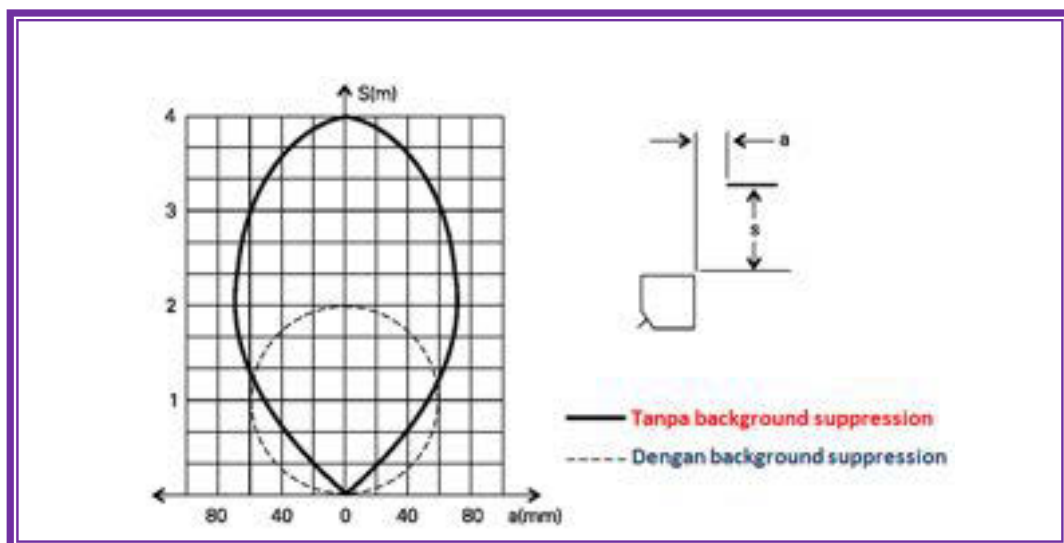
Excess gain menggambarkan jumlah cahaya yang dipancarkan oleh transmitter dalam jumlah yang melebihi dari yang diperlukan untuk mengoperasikan receiver. Pada lingkungan yang bersih sebuah excess gain sama dengan atau lebih besar daripada 1 biasanya cukup untuk mengoperasikan receiver sensor.

Jika, sebagai contoh, lingkungan yang mengandung cukup kontaminasi di udara untuk menyerap 50% sinar yang dipancarkan transmitter, maka xcess gain minimal 2 akan diperlukan untuk mengoperasikan receiver sensor.

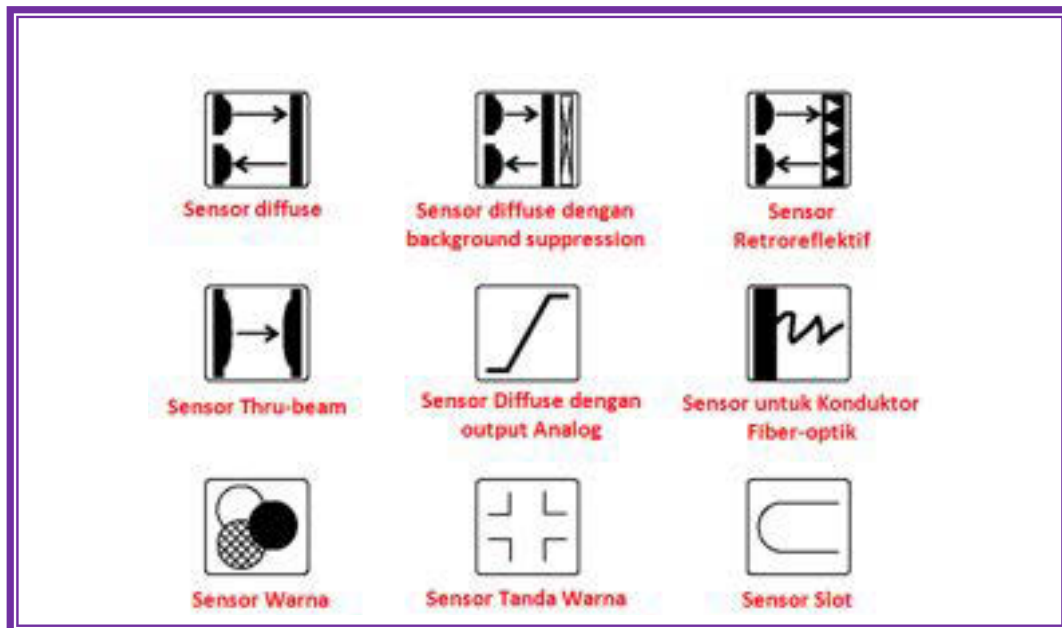
Excess gain digambarkan pada chart logaritmis. Contoh berikut memperlihatkan chart excess gain untuk sensor thru-beam M12. Jika jarak penyensoran yang diperlukan 1 m, ada excess gain 30. Ini artinya 30 kali lebih sinar daripada yang dibutuhkan di dalam udara bersih untuk mengaktifkan receiver.

Jika excess gain berkurang maka jarak penyensoran meningkat.Ingat bahwa jarak penyensoran sensor thru-beam adalah dari transmitter ke receiver dan jarak penyensoran sensor reflektif adalah dari transmitter ke target.

Gambar 4.98 Grafik excess gain dan jarak

D.1.4 Daerah Pensakelaran

Sensor photoelektrik memiliki daerah pensakelaran. Daerah pensakelaran didasarkan pada jalur sinar dan diameter sinar dari emitter sensor. Receiver akan beroperasi ketika target masuk daerah ini.

Gambar 4.99 Daerah pensakelaran sensor photoelektrik

D.1.5 Simbol

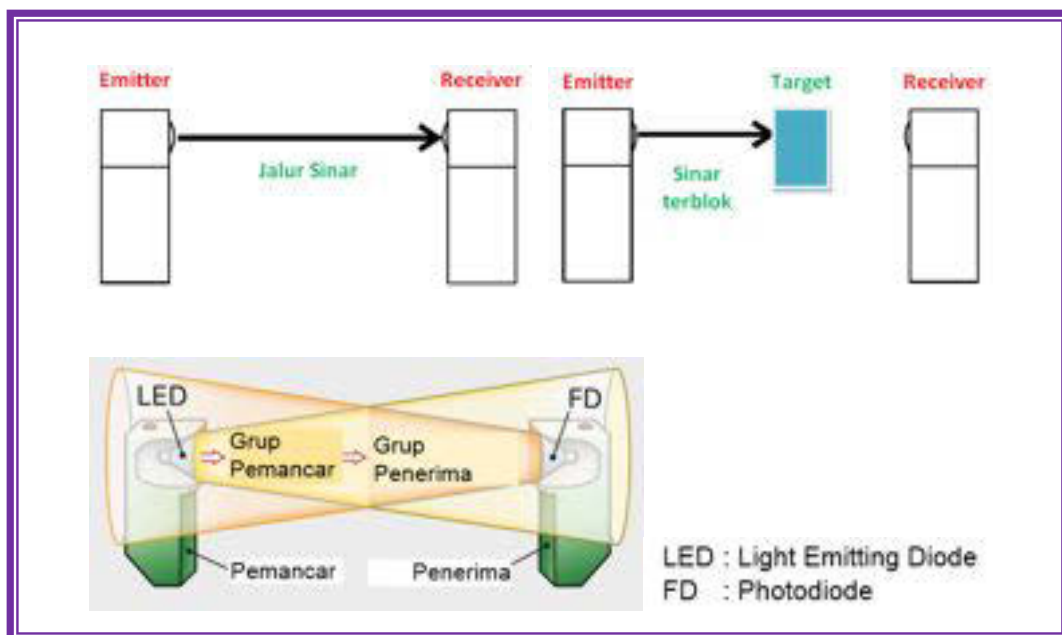
Berbagai simbol digunakan untuk mengidentifikasi jenis-jenis sensor photo elektrik. Bebera simbol digunakan untuk menunjukkan teknik scan sensor, seperti diffuse, retroreflektif, atau thru-beam. Simbol-simbol lain mengidentifikasi ciri-ciri khusus dari sensor, seperti fiberoptik, slot, atau warna sensor.

Gambar 4.100 Simbol-simbol sensor

D.2 Teknik Scan

Teknik scan adalah metode yang digunakan oleh sensor photoelektrik untuk mendeteksi objek (target). Dalam hal ini, teknik terbaik yang digunakan tergantung pada target. Beberapa target tak tembus cahaya dan yang lain reflektif tinggi. Dalam beberapa hal perlu untuk mendeteksi perubahan warna. Jarak scanning juga menjadi faktor dalam pemilihan teknik scan. Beberapa teknik bekerja dengan baik pada jarak yang lebih besar sementara yang lain bekerja lebih baik ketika target lebih dekat ke sensor.

D.2.1 Thru-beam

Unit emitter dan receiver yang terpisah diperlukan untuk sensor thru-beam. Unit diatur sedemikian rupa sehingga kemungkinan terbesar dari sinar pulsa transmitter mencapai receiver. Sebuah objek (target) yang berada di dalam jalur sorot cahaya menahan sinar ke receiver, menyebabkan output receiver berubah keadaan. Ketika target tidak lagi menghalangi jalur sinar output receiver kembali ke keadaan normal.

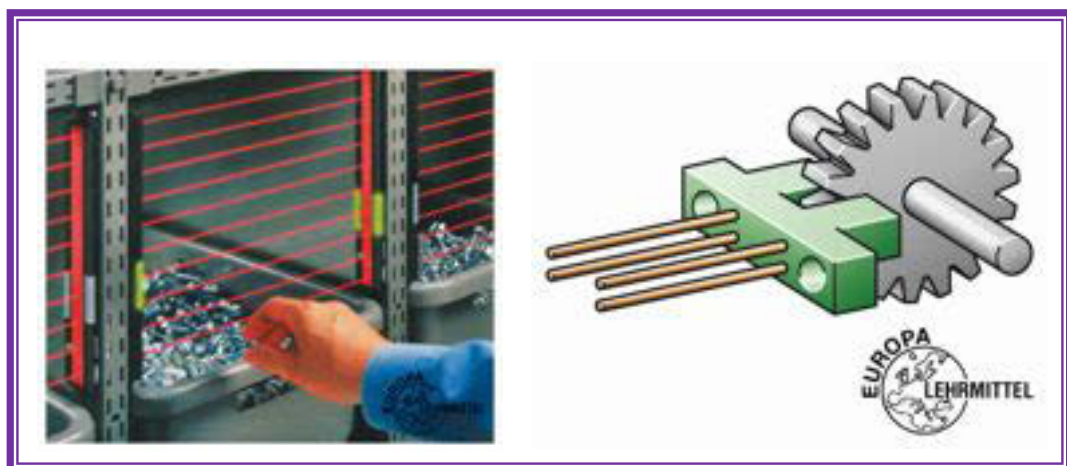
Thru-beam cocok untuk mendeteksi objek tak tembus cahaya atau objek reflektif. Dia tidak dapat digunakan untuk objek transparan. Disamping itu, getaran dapat menyebabkan permasalahan. Excess gain yang tinggi dari sensor thru-beam membuatnya cocok untuk lingkungan dengan kontaminasi di udara. Daerah penyensoran maksimum adalah 300 kaki.

Gambar 4.101 Sensor thru-beam

D.2.1.1 Lebar Efektif Thru-beam

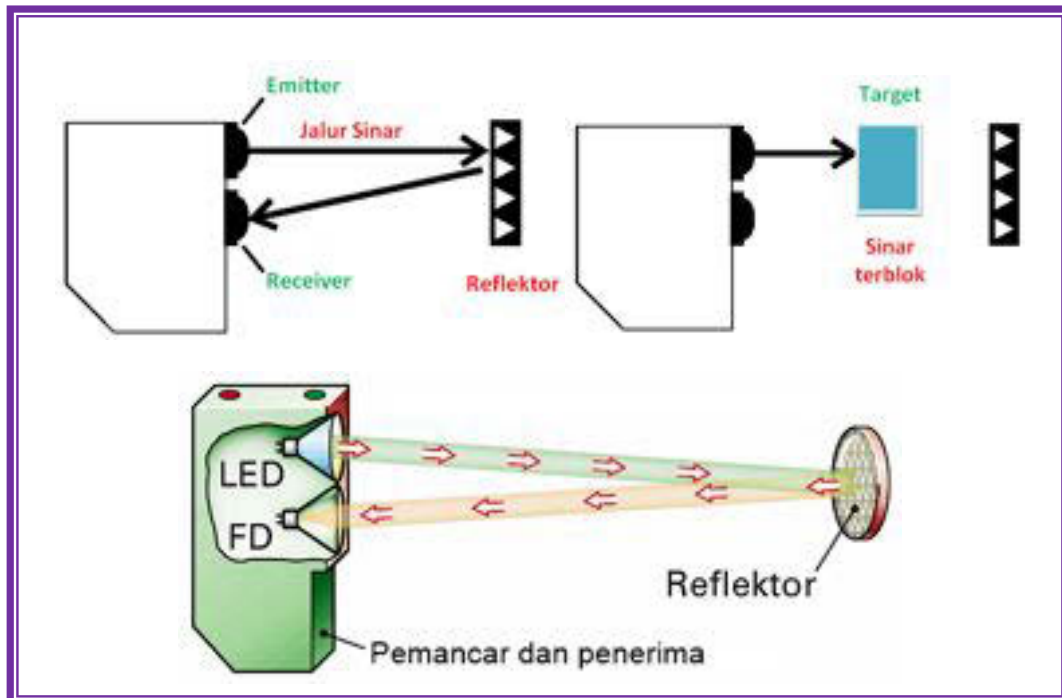
Sorot efektif sensor photoelektrik adalah daerah diameter sorot dimana target dideteksi. Sorot efektif pada sensor thru-beam adalah diameter lensa emitter dan receiver. Sorot efektif keluar dari lensa emitter menuju lensa receiver. Ukuran minimum target sebaiknya sama dengan diameter lensa.

Gambar 4.102 Lebar efektif thru-beam

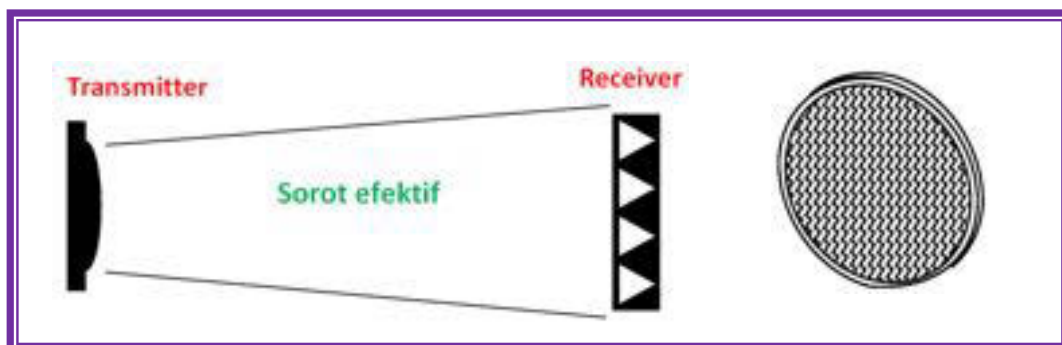
D.2.1.2 Aplikasi Khusus

Area berbahaya harus dijamin terhindar (bebas) dari masuknya anggota badan manusia (tangan), maka daerah bahaya ini bisa dibatasi dengan tirai cahaya. Aplikasi yang lain adalah pengukuran kecepatan putar atau sudut rotasi sebuah roda gigi.

Gambar 4.103 Aplikasi khusus sensor thru-beam

D.2.2 Scan reflektif atau retroreflektif

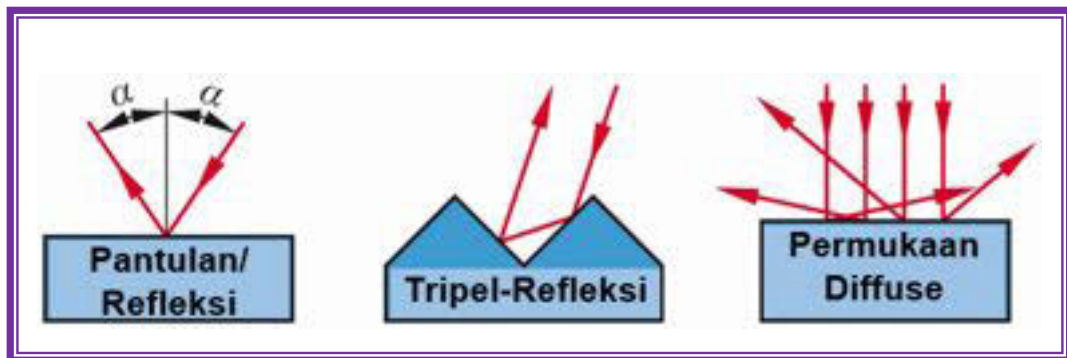
Scan reflektif dan retroreflektif adalah dua nama untuk teknik scan retroreflektif yang sama. Emitter dan receiver ada dalam 1 unit. Sinar dari emitter ditransmisikan dalam garis lurus ke reflektor dan kembali ke receiver. Reflektor biasa atau reflektor sudut-kubus dapat digunakan. Jika target menghalangi jalur sinar output sensor berubah keadaan. Jika target tidak lagi menghalangi jalur sinar sensor kembai ke keadaan awal. Daerah maksimum penyensoran 35 kaki.

Gambar 4.104 Sensor Retroreflektif

D.2.2.1 Sorot Efektif Scan Retroreflektif

Sorot efektif diruncingkan dari lensa sensor ke sisi-sisi reflektor. Ukuran target minimal seharusnya sama dengan ukuran reflektor.

Gambar 4.105 Sorot efektif scan retroreflektif

D.2.2.2 Reflektor

Refelktor ditempatkan terpisah dari sensor. Reflektor tersedia dalam berbagai ukuran, ada yang berbentuk lingkaran atau persegi atau pita reflektif. Jarak penyensoran ditentukan dengan reflektor khusus. Pita reflektif sebaiknya tidak digunakan dengan sensor retroreflektif terpolarisasi.

Jenis-jenis refleksi cahaya dibagi sebagai berikut:

Gambar 4.106 Jenis-jenis refleksi/pantulan

- Refleksi (pantulan)

  Ketika cahaya jatuh pada permukaan cermin dengan permukaan sangat halus, berkas cahaya dipantulkan pada sudut yang sama.

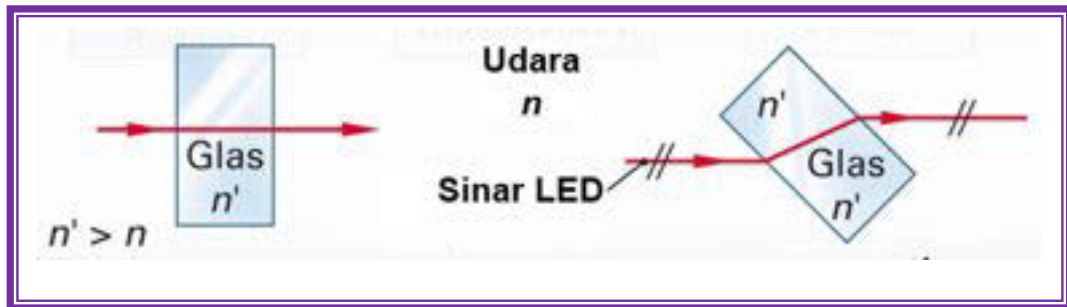
- Refleksi-Tripel

  Reflektor-Triple memantulkan kembali sinar datang secara paralel dengan sumber cahaya.

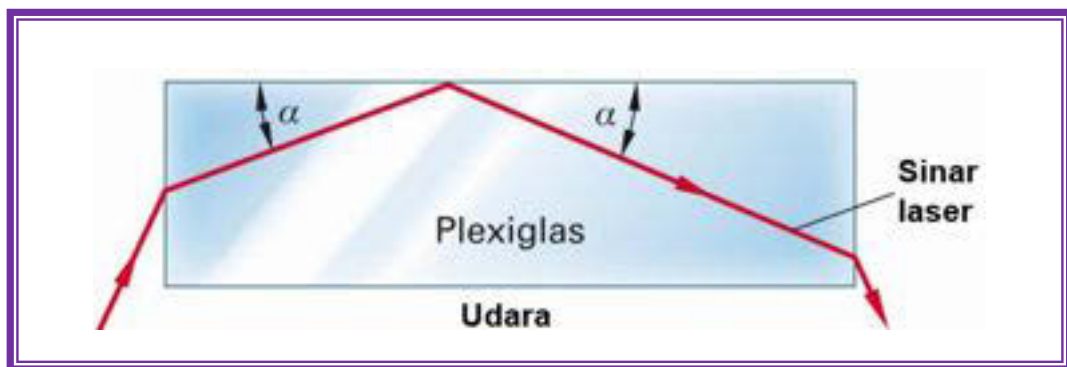
- Refleksi Diffuse

  Jika permukaan suatu benda tidak rata atau kasar, sinar datang dipantulkan ke segala arah, kerugian refleksi lebih tinggi.

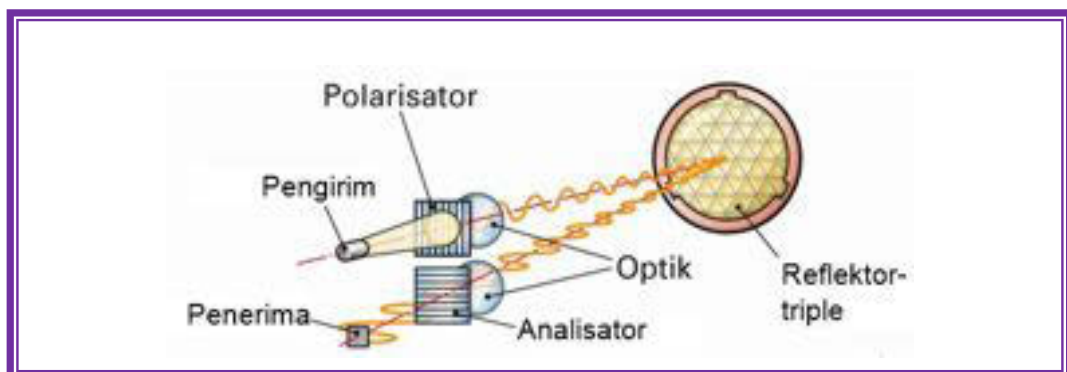
- Refraksi/pembiasan

  Jika sinar cahaya dari media optik padat n ke media optik padat lainnya n', sinar menuju dibiaskan tegak lurus (dan sebaliknya).

Gambar 4.107 Refraksi/pembiasan

- Refleksi total

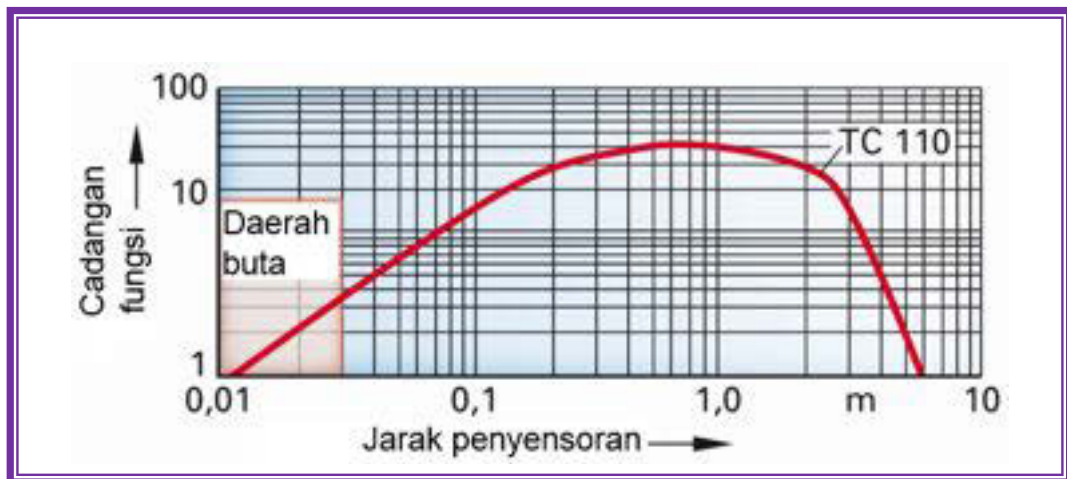
  Sebuah sinar datang pada antarmuka dari dua media yang berbeda indeks biasnya, benar-benar terpantul jika sudut datang tidak melebihi nilai ambang tertentu.

Gambar 4.108 Total refleksi

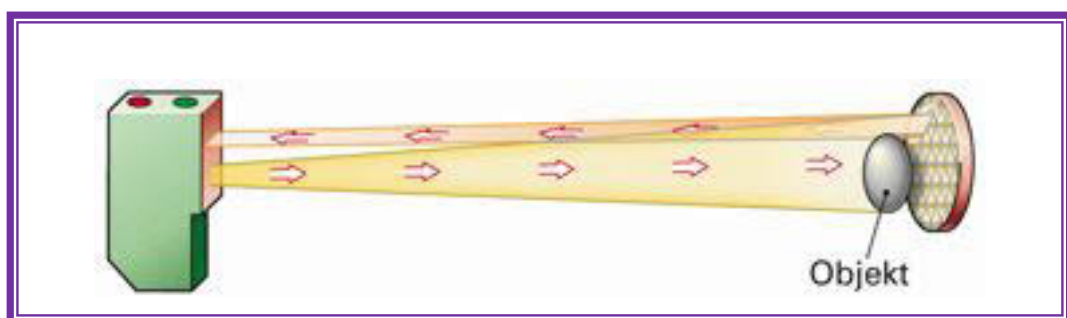
- Polarisasi

  Jika cahaya tak terpolarisasi (dalam semua arah ayunan) pada filter polarisasi, sehingga hanya dapat melewati cahaya yang bergetar dalam arah polarisasi.

Gambar 4.109 Polarisasi

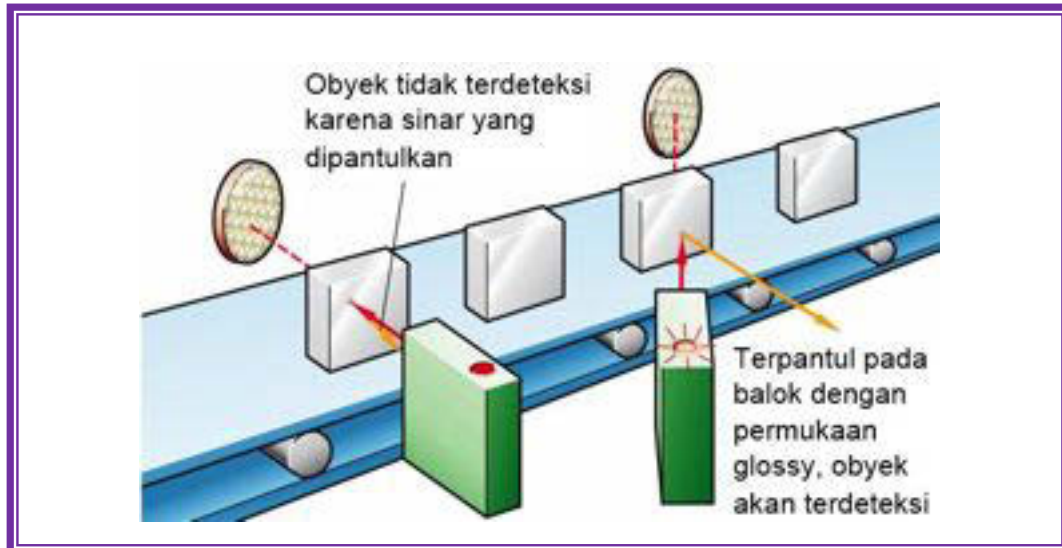
D.2.2.3 Hal-hal yang Harus Diperhatikan

Ketika menggunakan sensor retroreflektif, maka hal berikut harus diperhatikan:

- Sesuai dengan jarak optimal dari sensor dan reflektor-tripel (0,2 m … 1 m dengan kurva cadangan fungsional yang ditunjukkan pada Gambar). Obyek yang akan dideteksi tidak boleh berada di daerah buta/gelap, karena di daerah ini target tidak dapat dideteksi.

Gambar 4.110 Jarak penyensoran

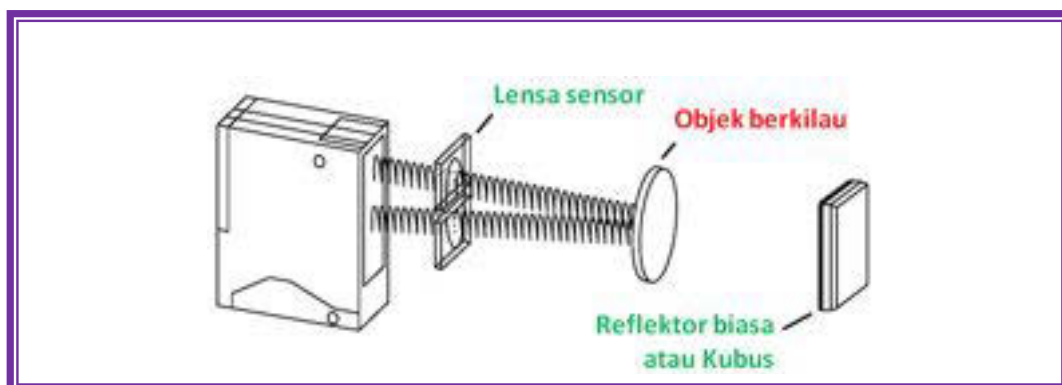
- Obyek yang dideteksi tidak boleh lebih kecil dari diameter reflektor. Jika hal ini terjadi, maka cahaya dipantulkan tetapi sensor tidak berubah.

Gambar 4.111 Objek/target terlalu kecil

- Ketika mencerminkan objek, filter polarisasi harus digunakan, atau sensor harus dipasang sehingga pada sudut ke objek yang mencerminkan. Dengan

demikian, cahaya yang dipantulkan, refleksi penghalang cahaya tidak mempengaruhi.

Gambar 4.112 Pengaturan (tunning) yang benar

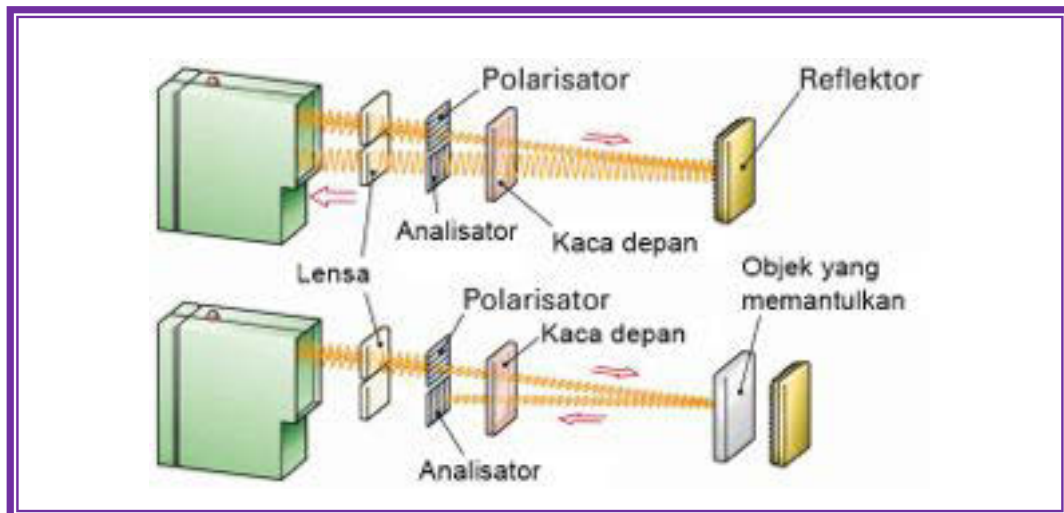
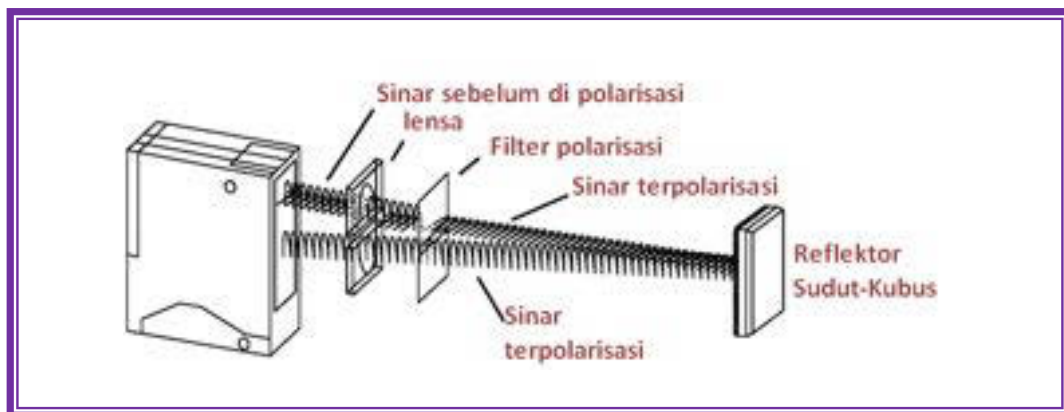
- Keuntungan yang besar adalah perakitan mudah karena reflektor tidak harus tegak lurus terhadap sensor. Ada penyimpangan sudut hingga ± 45 ° realisasi.

D.2.2.4 Scan Retroreflektif Dan Objek Berkilau

Sensor scan retroreflektif tidak dapat mendeteksi benda berkilau. Objek berkilau memantulkan sinar kembali ke sensor. Sensor tidak dapat membedakan antara sinar yang terpantul dari objek berkilau dan sinar terpantul dari reflektor.

Gambar 4.113 Scan retroreflektif dan benda berkilau

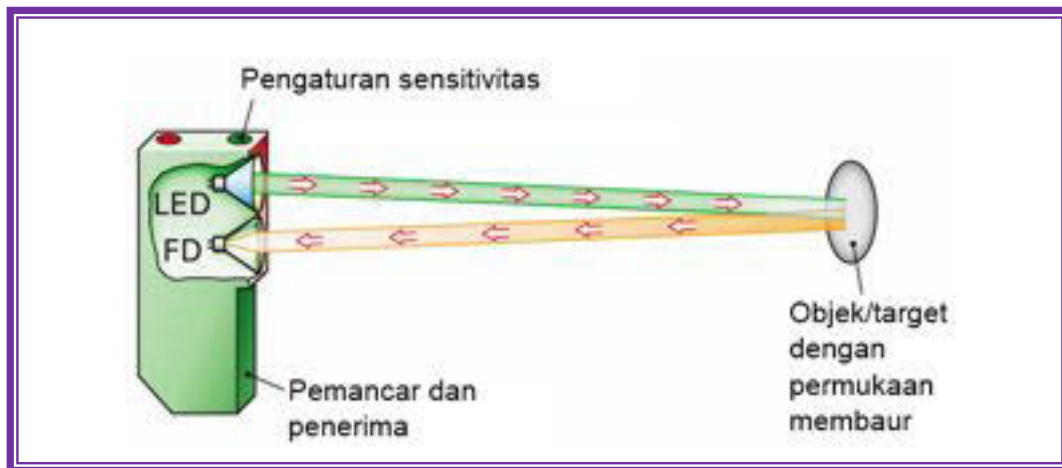
D.2.2.5 Scan retroreflektif terpolarisasi

Variasi scan retroreflektif adalah scan retroreflektif terpolarisasi. Filter polarisasi ditempatkan di depan lensa emitter dan receiver. Filter polarisasi memproyeksikan sorot emitter hanya dalam satu bidang. Sinar ini dikatakan terpolarisasi.

Reflektor sudut kubus harus digunakan untuk memutar sinar yang dipantulkan kembali ke receiver. Filter polarisasi pada receiver memungkinkan diputar. Dalam perbandingan terhadap scan retroreflektif, scan retroreflektif terpolarisasi bekerja dengan baik jika digunakan untuk mendeteksi objek berkilau.

Gambar 4.114 Retroreflektif dengan filter polarisasi

D.2.3 Scan Diffuse

Emitter dan receiver di dalam satu unit. Sinar dari emitter menabrak target dan sinar pantul dibiaskan ke segala arah dari permukaan. Jika receiver menerima sinar pantulan dalam jumlah yang cukup, output sensor akan berubah keadaan. Jika tidak ada lagi sinar dipantulkan kembali ke receiver, output kembali ke keadaan semula.

Dalam scanning diffuse, emitter ditempatkan dalam garis lurus terhadap target. Receiver akan menerima beberapa sebaran sinar pantul (diffuse). Hanya sejumlah kecil dari sinar yang akan mencapai reciver, bagaimanapun, teknik ini memiliki daerah efektif sekitar 40”.

Gambar 4.115 Scan diffuse

D.2.3.1 Faktor Koreksi Scan Diffuse

Daerah penyensoran tertentu dari sensor diffuse dicapai dengan menggunakan kertas putih. Nilai koreksi berikut dapat diterapkan ke permukaan lain. Nilai-nilai ini hanya memberi petunjuk dan perlu beberapa percobaan untuk mendapatkan operasi yang benar.

Tabel 4.12 Faktor koreksi scan diffuse

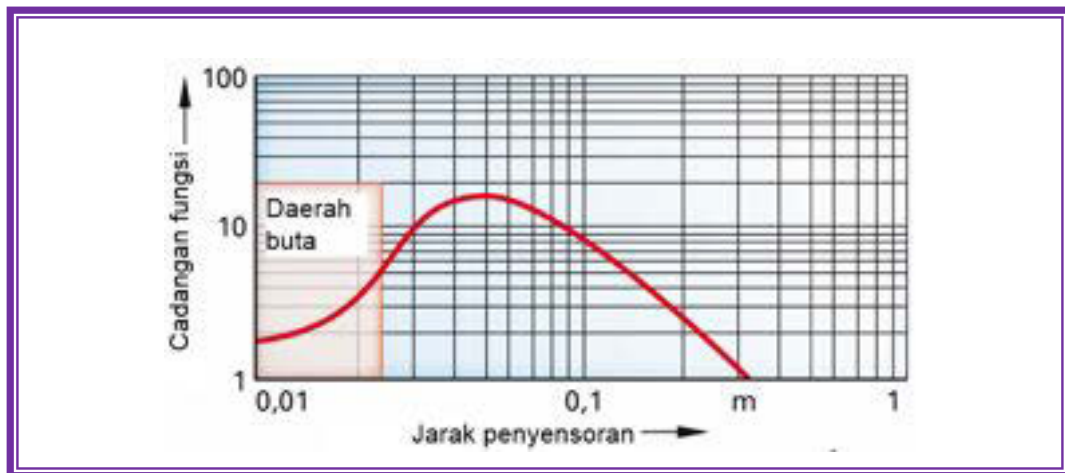
Material	Prosentase
Test Card (Matte White)	100
White Papers	80
Gray PVC	57
Printed Newspaper	60
Lightly Colored Wood	73
Cork	65
White Plastic	70
Black Plastic	22
Neoprene, Black	20
Automobile Tires	15
Aluminum, Untreated	200
Aluminum, Black Anodized	150
Aluminum, Matte (Brushed Finish)	120
Stainless Steel, Polished	230

Penginderaan jarak Tw

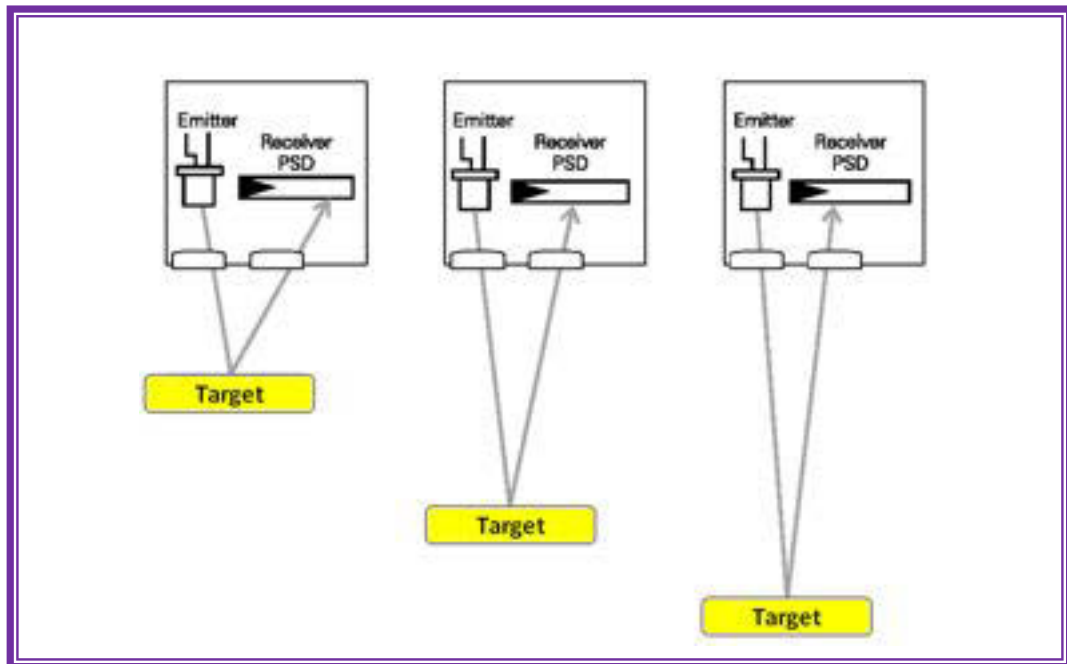
Rentang penginderaan jarak maksimum yang dapat dicapai scanner cahaya refleksi, diukur pada Kodak kertas putih (optimal selaras, tidak ada polusi) di bawah kondisi ideal dan faktor cadangan operasi 1.5.

Deteksi kisaran

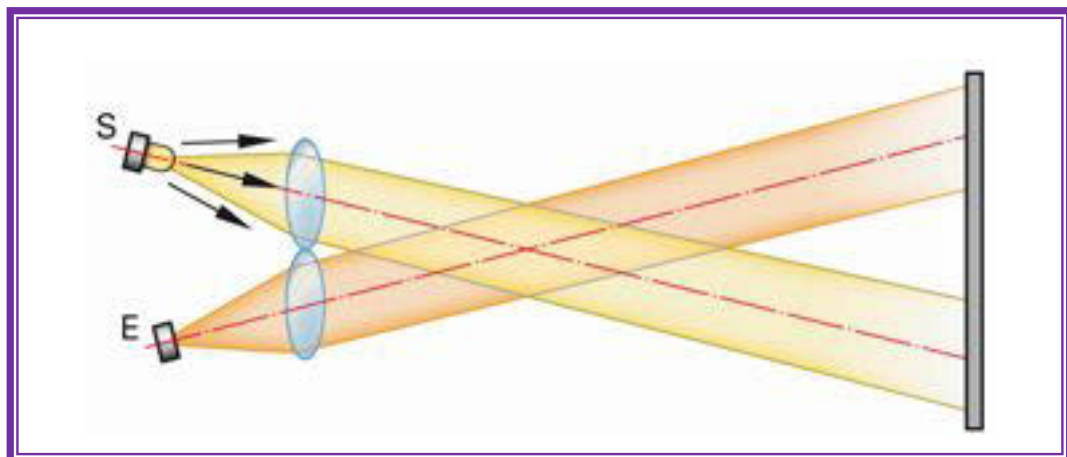
Rentang penginderaan terletak antara jarak deteksi dan daerah buta. Dari gambar dibawah menunjukkan bahwa dengan sensor diffuse tidak ada cadangan fungsional yang besar dapat dicapai. Jangkauan kurang dari satu meter. Jika objek yang akan dideteksi terlalu kecil, fluks cahaya yang dipantulkan dari permukaan rendah. Hal ini membutuhkan penetapan sensitivitas tinggi. Pada kasus permukaan latar belakang yang lebih terang merefleksikan lebih banyak

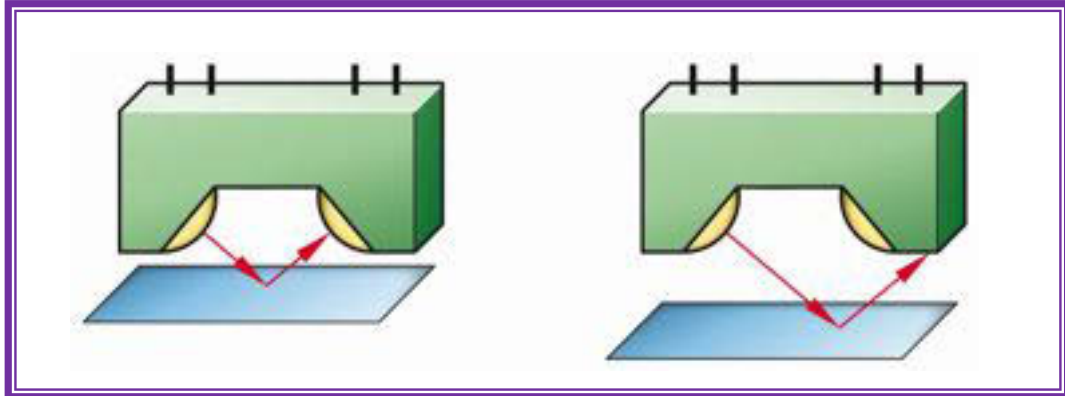
cahaya daripada benda kecil. Jika sensor diffus tidak dapat digunakan, maka dapat mengunakan sensor cahaya dengan penekanan latar belakang (background suppression).

Gambar 4.116 Jarak penyensoran

D.2.3.2 Scan Diffuse dengan Background Suppression

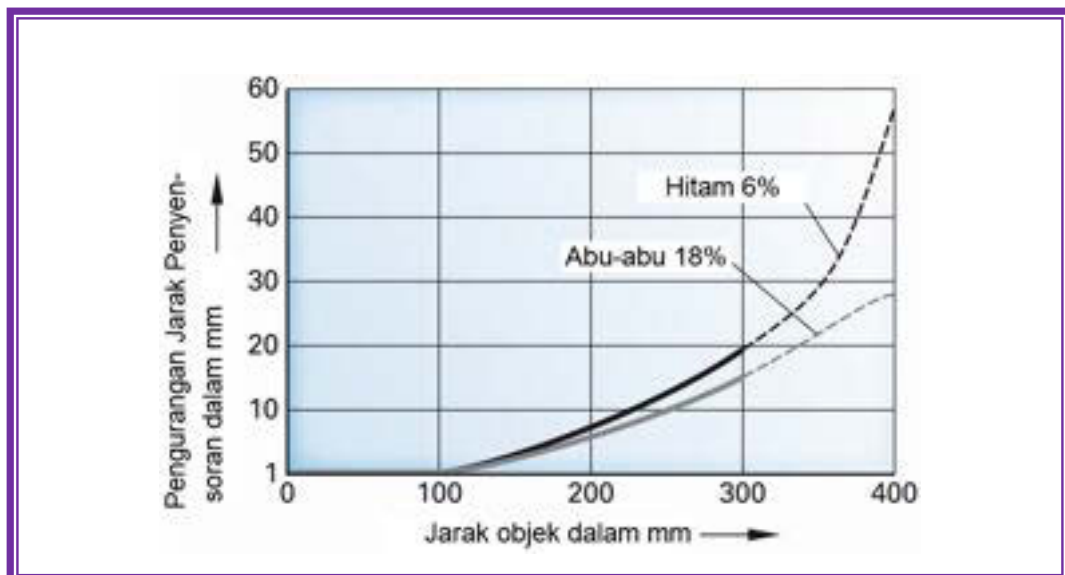
Scan diffuse dengan background suppression digunakan untuk mendeteksi objek hingga jarak tertentu. Objek yang melebihi jarak tertentu diabaikan. Background suppression dilengkapi dengan position sensor detector (PSD). Sinar pantulan dari target menabrak PSD pada sudut yang berbeda, tergantung dari jarak target. Makin besar jarak makin sempit sudut sinar pantul.

Gambar 4.117 Scan diffuse dengan background suppression

D.2.3.3 Metode Sudut Cahaya

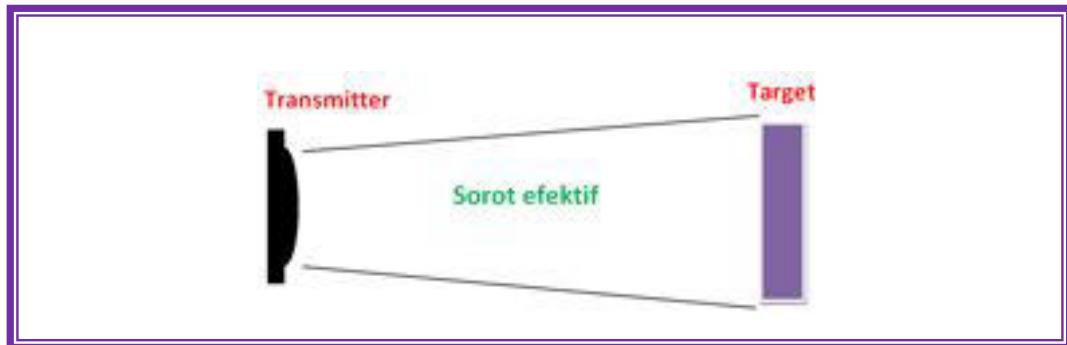
Lensa di depan pancaran sinar dioda menghasilkan titik fokus yang sangat kecil dan intens pada jarak tertentu dari sensor. Cahaya yang dipantulkan dari objek kemudian dievaluasi/diukur.

Gambar 4.118 Teknik cahaya sudut

Metode cahaya sudut sangat cocok untuk mendeteksi benda-benda kecil, untuk penentuan tepi dan untuk posisi bahan transparan. Obyek yang akan dideteksi harus tetap berada dalam bidang sensor.

Gambar 4.119 Teknik cahaya sudut

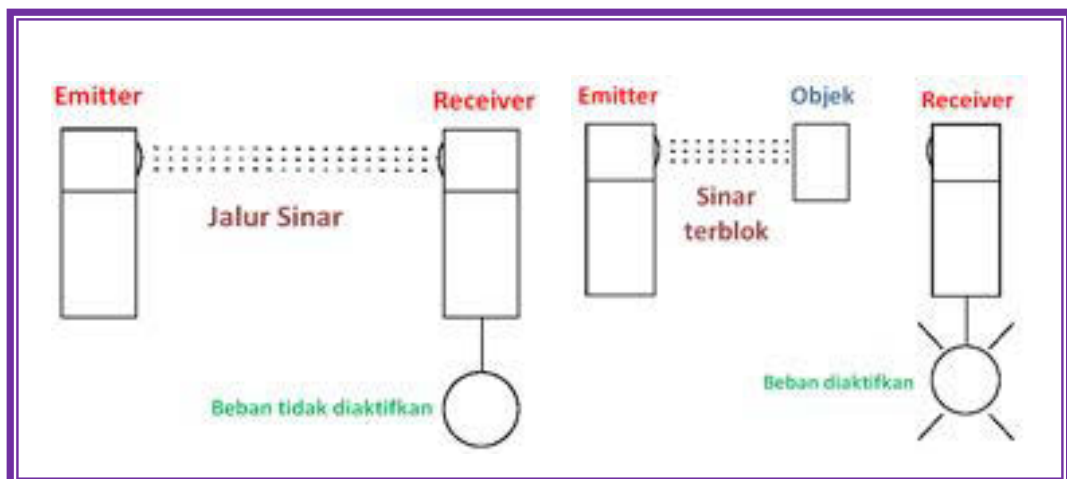
D.2.3.4 Pengurangan Jarak

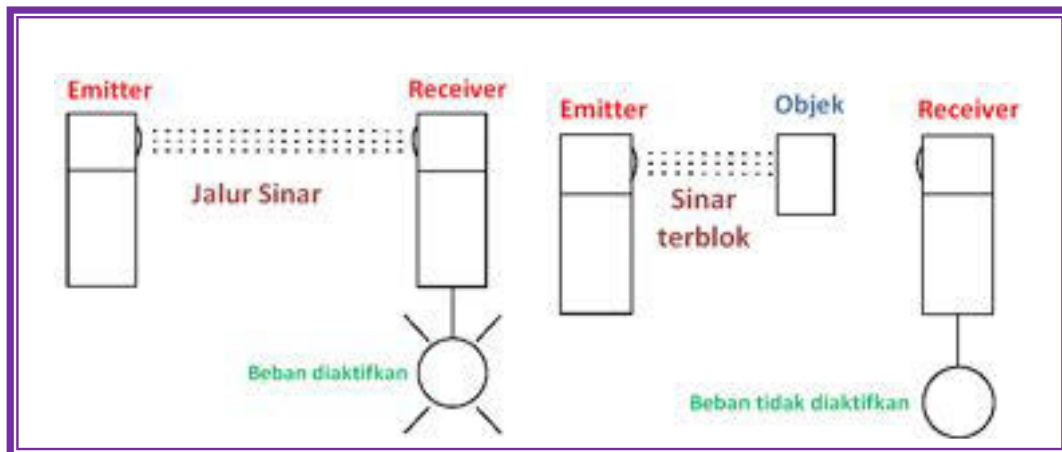
Karena warna memantulkan cahaya berbeda, jarak penginderaan scan diffuse sebagai fungsi jarak objek dan warna obyek menjadi berkurang. Gambar dibawah menunjukkan sensor dengan jarak nominal penginderaan 300 mm. Kertas putih dapat dideteksi pada jarak 300 mm. Kertas abu-abu mengalami penurunan kisaran pemindaian 14 mm dan kertas hitam 18 mm.

Gambar 4.120 Pengurangan jarak peyensoran

D.2.3.5 Sorot efektif scan diffuse

Sorot efektif adalah sama dengan ukuran target jika ditempatkan dalam pola sorot.

Gambar 4.121 Sorot efektif scan diffuse

D.3 Mode operasi

Ada dua mode operasi, yaitu operasi gelap (DO) dan operasi terang (LO). Operasi gelap adalah mode operasi dimana beban diaktifkan ketika sinar dari emitter tidak ada yang sampai ke receiver.

Gambar 4.122 Mode operasi gelap (DO)

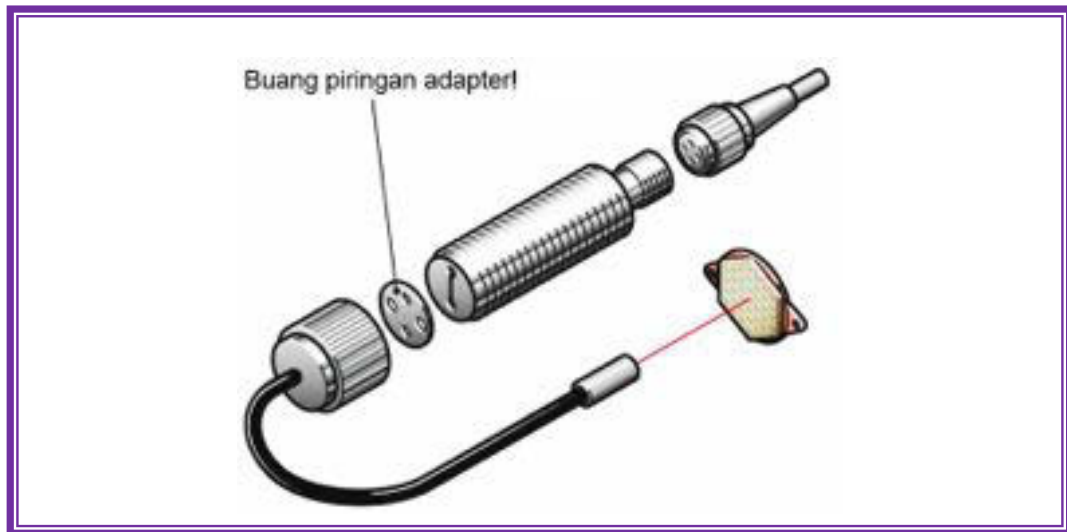
Operasi terang adalah mode operasi dimana beban diaktifkan ketika sinar dari emitter mencapai receiver.

Gambar 4.123 Mode operasi terang (LO)

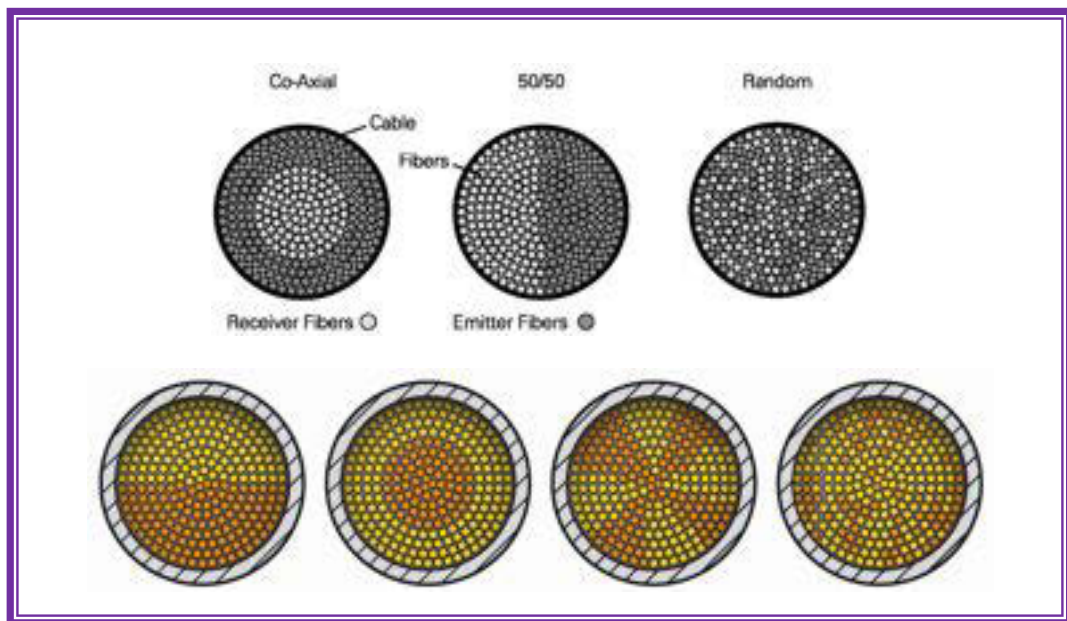
Tabel berikut ini memperlihatkan hubungan antara mode operasi dan status beban untuk thru, retroreflektif, dan scan diffuse.

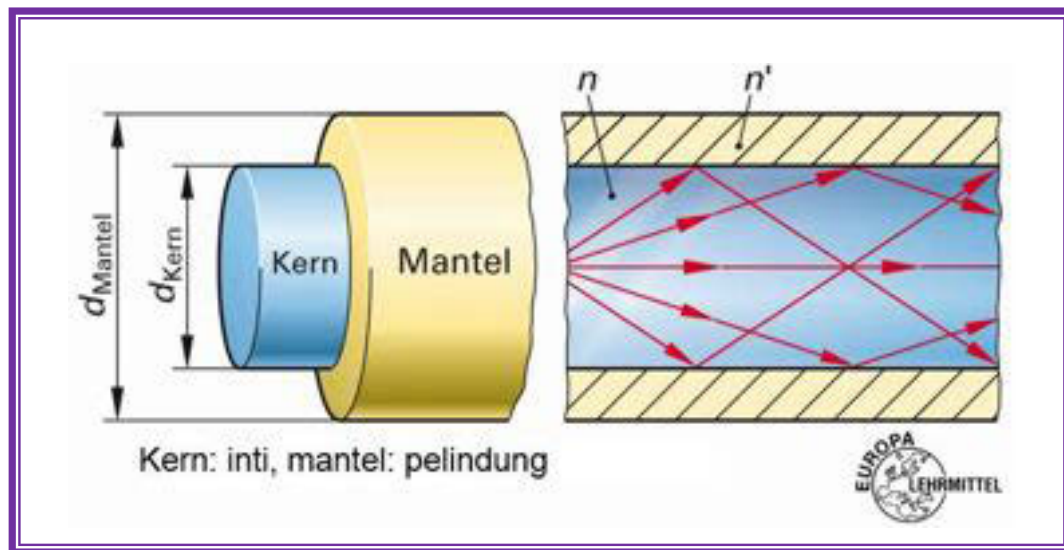
Tabel 4.13 Mode operasi dan status beban

Mode operasi	Jalur sinar	Status beban	
		Thru, San, Retroreflektif	Diffuse
Operasi terang (LO)	Tidak terblok Terblok	Diaktifkan Tidak diaktifkan	Tidak diaktifkan Diaktifkan
Operasi gelap (DO)	Tidak terblok Terblok	Tidak diaktifkan Diaktifkan	Diaktifkan Tidak diaktifkan

D.4 Fiber Optik (Serat Optik)

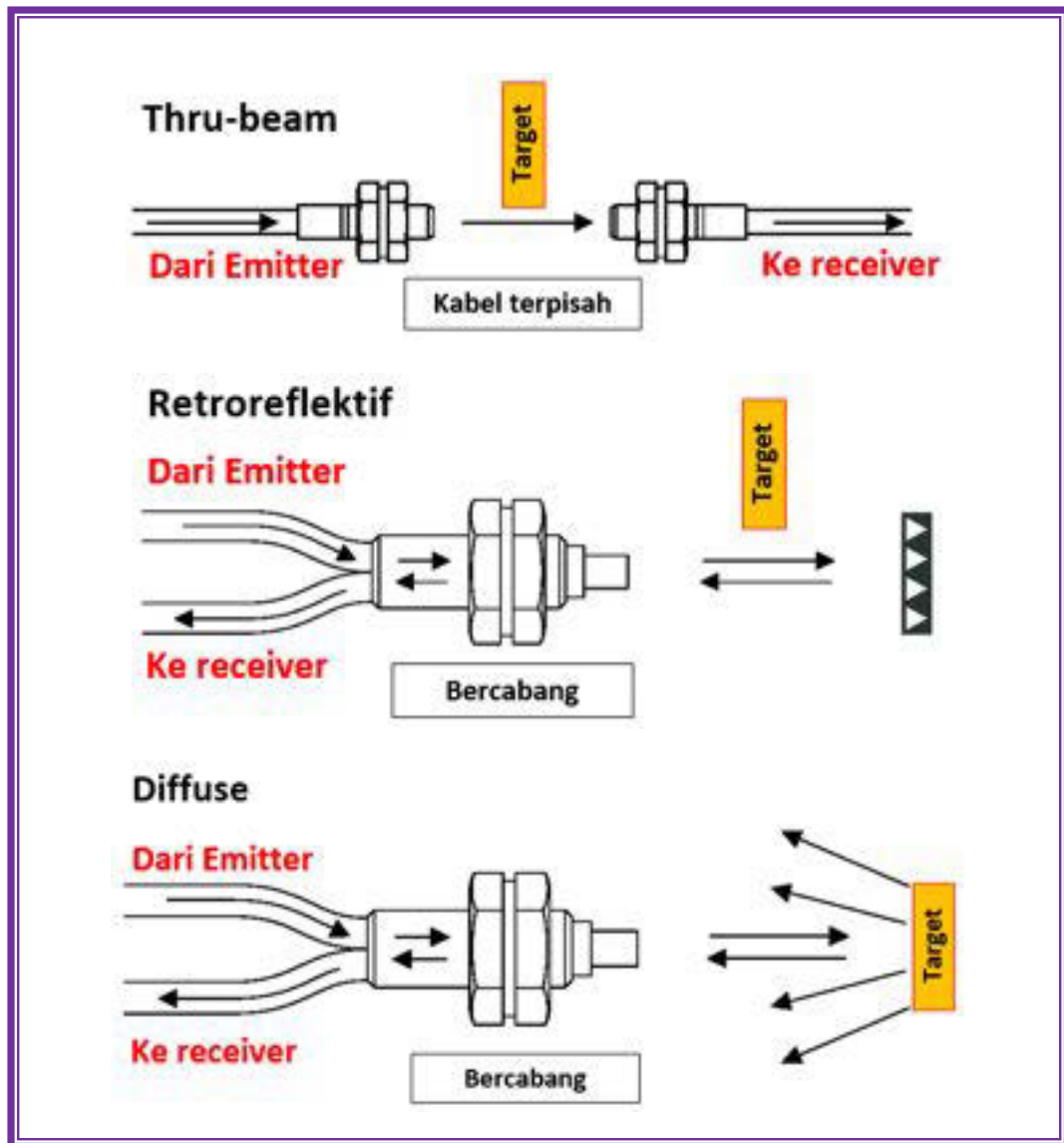
Fiber optik bukan teknik scan, tetapi metode lain untuk pengiriman sinar/cahaya. Sensor fiber optik menggunakan emitter, receiver, kabel fleksi dikemas dengan fiber tipis yang mengirimkan sinar/cahaya. Pemandu cahaya (optik fiber) dapat disekrup pada sensor atau membentuk satu kesatuan dengan sensor. Sensor ini dapat digunakan sebagai sensor diffuse. Panjang pemandu cahaya disesuaikan untuk setiap aplikasi.

Gambar 4.124 Sensor dengan serat optik

Pemandu gelombang optik adalah serat tembus kaca atau plastik yang mengirimkan cahaya.

Gambar 4.125 Variasi serat optik

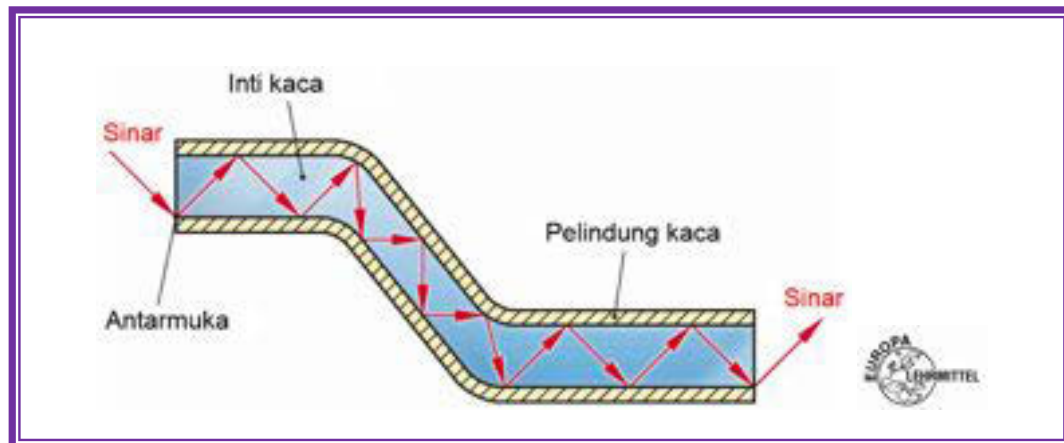
Cahaya mengikuti bentuk pemandu cahayanya, bahkan jika itu melengkung. Hal ini dilakukan melalui refleksi internal total. Media optik "padat" adalah serat (core n), dengan pelindung (n ') yang "tipis".

Gambar 4.126 Konstruksi pemandu cahaya, refleksi total

Tergantung pada sensor, ada yang kabelnya dapat dipisah dari emitter dan receiver, atau menggunakan kabel tunggal. Jika kabel tunggal digunakan, emitter dan receiver menggunakan berbagai metode. Glass fiber digunakan jika sumber emitter adalah sinar inframerah. Plastik fiber digunakan jika sumber emitter adalah sinar tampak.

Fiber optik dapat digunakan dengan sensor thru-beam, scan retroreflektor, atau scan diffuse. Dalam thru-beam sinar dipancarkan dan diterima dengan kabel sendiri-sendiri. Dalam retroreflektor dan scan diffuse sinar dipancarkan dan diterima dengan kabel yang sama, terbagi dalam 2 cabang (bifurcated).

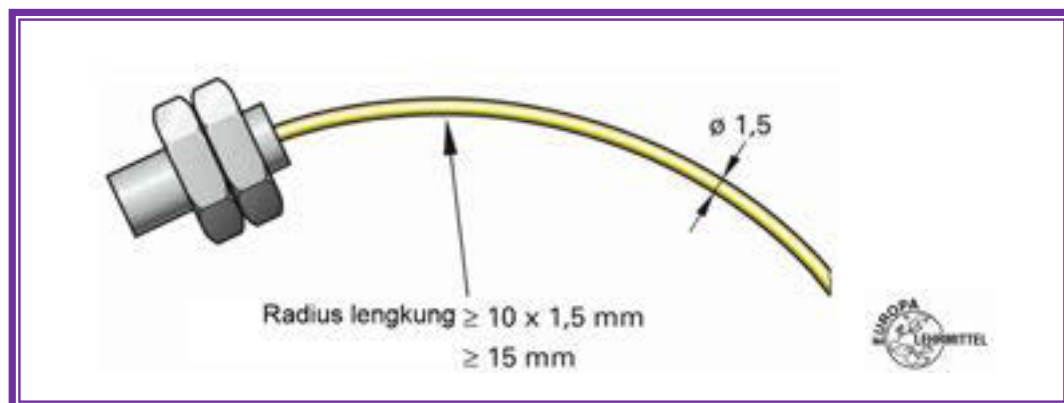
Fiber optik ideal untuk objek kecil atau daerah penyensoran sempit. Fiber optik memiliki daerah penyensoran yang lebih pendek akibat kehilangan cahaya dalam kabel fiber optik.

Gambar 4.127 Fiber optik pada sensor thru-beam, rereflektif, dan diffuse

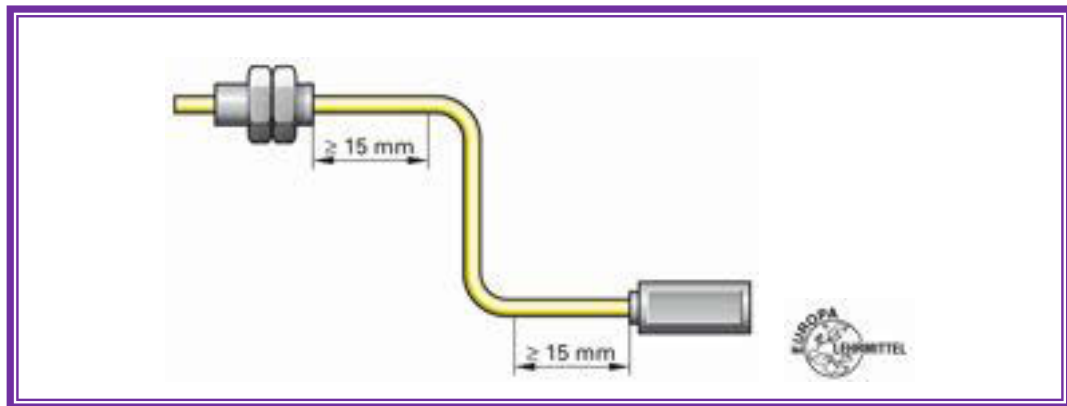
D.4.1 Aplikasi serat optik:

- Deteksi objek yang sangat kecil
- Digunakan pada suhu sampai 300 °C
- Penggunaan di ruang berpotensi meledak
- Di daerah dengan medan magnet yang kuat.

Gambar 4.128 Pantulan sinar di dalam serat optik

D.4.2 Petunjuk Perakitan

Untuk radius tikungan harus memperhatikan aturan praktis berikut:

- Jari-jari lengkung tidak boleh kurang dari 10 kali diameter luar selubung.

Gambar 4.129 Radius lengkung serat optik

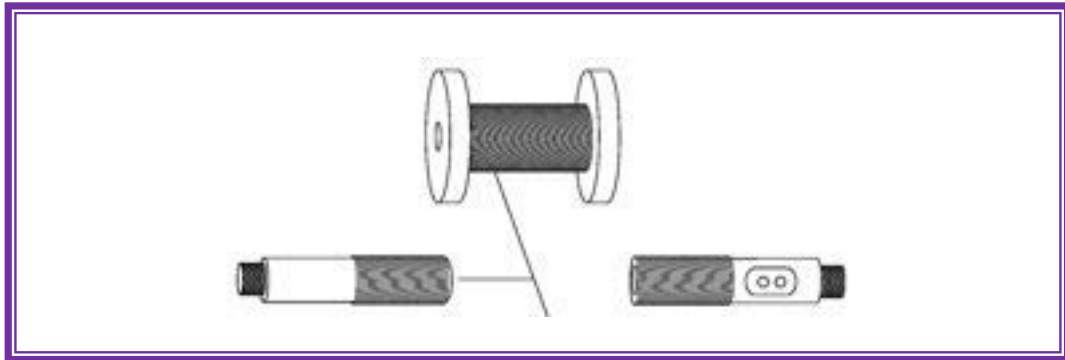
- Dalam rentang 15 mm dari sensor dan kepala serat optik tidak boleh ditekuk.

Gambar 4.130 Jarak penekukan

- Plastik serat optik utama tidak boleh tertekuk atau bengkok. Beban tarik yang berlebihan menyebabkan kehancuran. Beban tarik yang berlebihan menyebabkan kerusakan. Kontak dengan bensin dan pelarut organik harus dihindari.

D.5 Laser

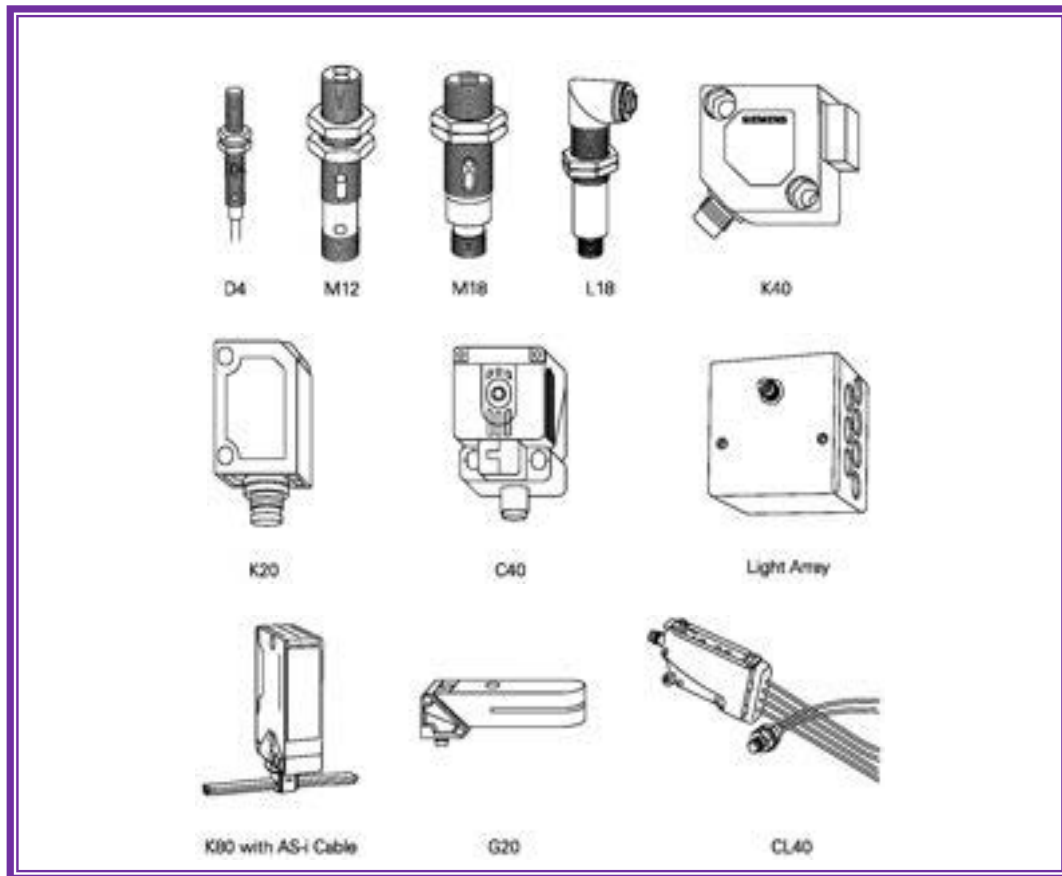
Laser kadang-kadang digunakan sebagai sumber cahaya sensor. Laser klas 2 memiliki daya radiasi maksimum 1 mW. Laser klas 2 memerlukan pengaman untuk alat ukur dan juga untuk petugas. Bagaimanapun

, catatan peringatan harus diperlihatkan jika sensor laser digunakan.

Sensor laser tersedia dalam thru-beam, scan diffuse, dan scan diffuse dengan background suppression. Laser mempunyai sinar tampak intensitas tinggi yang membuat pengaturan dan setup menjadi mudah. Teknologi laser memungkinkan untuk mendeteksi objek yang sangat kecil pada sebuah jarak. Sensor L18, sebagai contoh, akan mendeteksi objek 0.03 mm pada jarak 80 cm. Contoh aplikasi sensor laser termasuk, pengatur posisi presisi, deteksi kecepatan, atau pengecekan benang dengan ketebalan 0.1 mm atau lebih.

Gambar 4.131 Aplikasi sensor laser

D.6 Keluarga Sensor Photoelektrik

Variasi sensor photoelektrik meliputi sensor thru-beam, scan retroreflektif, dan scan diffuse. Ada banyak sensor photoelektrik yang dapat dipilih. Pilihan tergantung dari beberapa faktor seperti mode scan, tegangan operasi, lingkungan dan konfigurasi output. Kebanyakan dari sensor-sensor dapat dignakan dengan beberapa atau semua teknik scan. Disamping itu, sensor tertentu seperti fiber optik, laser dan sensor warna juga tersedia.

Untuk membantu menentukan sensor yang benar disediakan petunjuk pemilihan.

Gambar 4.132 Keluarga sensor photoelektrik

Tabel 4.14 Petunjuk pemilihan sensor thru-beam

Sensor	Range	Voltage	Output			Mode		Connection					Housing
			PNP	NPN	Relay	DO	LO	AS-i	M8	M12	Cable	Terminals	
D4/M5	250 mm	10-30 VDC	X	X			X		X		X		Metal
M12	4 m	10-30 VDC	X	X		X	X			X	X		Metal
M18	6 m	10-36 VDC	X	X		X	X			X	X		Metal
M18M	12 m	10-30 VDC	X	X		X	X			X	X		Metal
M18P	12 m	10-30 VDC	X	X		X	X			X	X		Plastic
K30	12 m	10-36 VDC	X	X		X	X		X		X		Plastic
K35	5 m	10-30 VDC	X	X		X	X		X		X		Plastic
K40	15 m	10-36 VDC	X	X		X	X		X	X	X		Plastic
K50	5 m	10-30 VDC 15-264 VAC	X	X	X	X	X	X		X	X		Plastic
K65	50 m	10-30 VDC	X	X		X	X			X	X		Plastic
K80	50 m	10-36 VDC 20-320 VAC	X	X	X	X	X	X		X		X	Plastic
L18 (Laser)	50 m	10-30 VDC	X			X	X			X	X		Metal

Tabel 4.15 Petunjuk pemilihan sensor retroreflektif

Sensor	Range	Voltage	Output			Mode		Connection					Housing
			PNP	NPN	Relay	DO	LO	AS-i	M8	M12	Cable	Terminals	
M12	1.5 m	10-30 VDC	X	X		X	X			X	X		Metal
M18	2 m	10-36 VDC	X	X		X	X			X	X		Metal
M18M	2 m	10-30 VDC	X	X		X	X			X	X		Metal
M18P	2 m	10-30 VDC	X	X		X	X			X	X		Plastic
K20	2.5 m	10-30 VDC	X	X		X	X		X		X		Plastic
K30	4 m	10-36 VDC	X	X		X	X		X		X		Plastic
K35	2.5 m	10-30 VDC	X	X		X	X		X		X		Plastic
K40	6 m	10-36 VDC	X	X		X	X		X	X	X		Plastic
K50	4 m	10-30 VDC 15-264 VAC	X	X	X	X	X	X		X	X		Plastic
K65	8 m	10-30 VDC	X	X		X	X			X	X		Plastic
K80	6 m	10-36 VDC 20-320 VAC	X	X	X	X	X	X		X		X	Plastic
L50 (Laser)	12 m	10-30 VDC	X	X		X	X			X	X		Metal
Light Array	1.4 m	12-36 VDC	X			X			X				Plastic
C40	6 m	10-36 VDC	X	X		X	X			X			Plastic

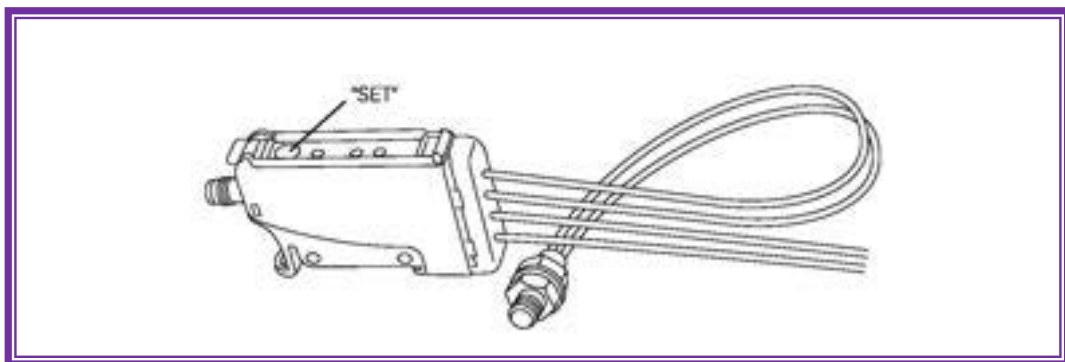
Tabel 4.16 Petunjuk pemilihan sensor diffuse

Sensor	Range	Voltage	Output			Mode		Connection					Housing
			PNP	NPN	Relay	DO	LO	AS-i	M8	M12	Cable	Terminals	
D4/M5	50 mm	10-30 VDC	X	X			X		X		X		Metal
M12	30 cm	10-30 VDC	X	X		X	X			X	X		Metal
M18	60 cm	10-36 VDC	X	X		X	X			X	X		Metal
M18M	30 cm	10-30 VDC	X	X		X	X			X	X		Metal
M18P	30 cm	10-30 VDC	X	X		X	X			X	X		Plastic
K20	30 cm	10-30 VDC	X	X		X	X		X		X		Plastic
K30	1.2 m	10-36 VDC	X	X		X	X		X		X		Plastic
K35	50 cm	10-30 VDC	X	X		X	X		X		X		Plastic
K40	2 m	10-36 VDC	X	X		X	X		X	X	X		Plastic
K50	90 cm	10-30 VDC 15-264 VAC	X	X	X	X	X	X		X	X		Plastic
K65	2 m	10-30 VDC	X	X		X	X			X	X		Plastic
K80	2 m	10-36 VDC 20-320 VAC	X	X	X	X	X	X		X		X	Plastic
C40	2.5 cm	10-30 VDC	X	X		X	X			X			Plastic

Tabel 4.17 Petunjuk pemilihan sensor diffuse dengan background suppression

Sensor	Range	Voltage	Output			Mode		Connection					Housing
			PNP	NPN	Relay	DO	LO	AS-i	M8	M12	Cable	Terminals	
M18	120 mm	10-36 VDC	X	X		X	X			X	X		Metal
M18P	100 mm	10-30 VDC	X	X		X	X			X	X		Plastic
K20	100 mm	10-30 VDC	X	X		X	X		X		X		Plastic
K50	25 cm	10-30 VDC 15-264 VAC	X	X	X	X	X	X		X	X		Plastic
K65	50 cm	10-30 VDC	X	X		X	X			X	X		Plastic
K80	1 m	10-36 VDC 20-320 VAC	X	X	X	X	X	X		X		X	Plastic
L50 (Laser)	150 mm	10-30 VDC	X	X		X	X			X	X		Metal
C40	2.5 cm	10-30 VDC	X	X		X	X			X			Plastic

D.7 Pengajaran (Teach-in)

Beberapa sensor seperti CL40, mempunyai fitur yang dikenal dengan pengajaran (teach-in). Fitur ini mengijinkan kepada pengguna untuk mengajari sensor apa yang harus dideteksi. Sebuah objek yang akan dideteksi ditempatkan di depan sensor sedemikian rupa sehingga sensor mengetahui apakah sinar yang diterima dipantulkan. Sensor kemudian diprogram untuk merespon hanya terhadap sinar ini. CL40 menggunakan tombol "SET" untuk pembelajaran. Sensor lain memiliki metode berbeda untuk proses pembelajaran. Pembelajaran digunakan untuk mendeteksi warna tertentu, sebagai contoh, juga dapat mendeteksi objek transparan.

Gambar 4.133 Fitur "teach-in" pada sensor

Prosedur Teaching

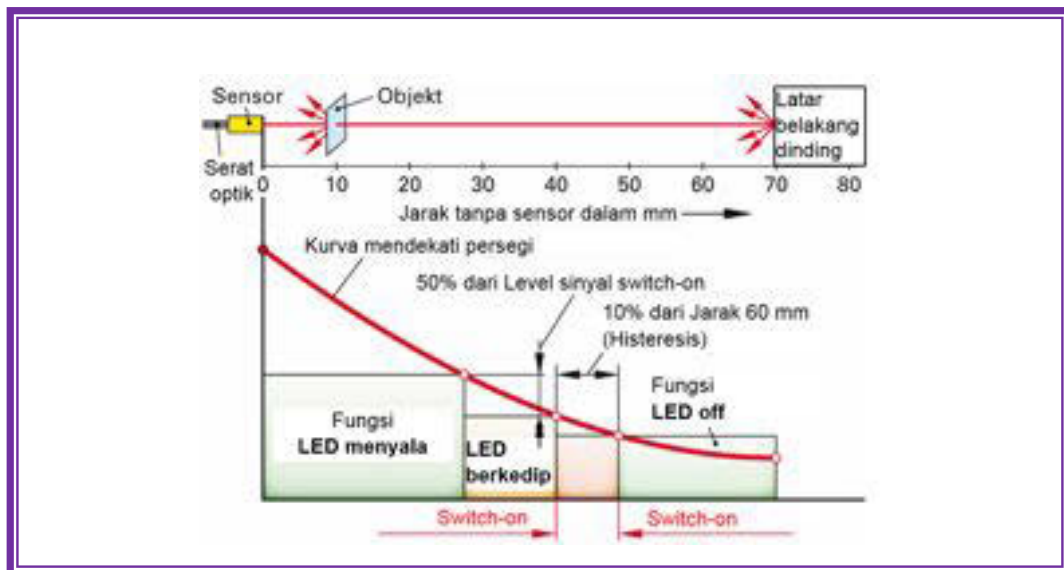
Melalui tombol dan dioda pemancar cahaya (LED), proses pengajaran dikendalikan dan ditampilkan.

Jika, misalnya, sebuah objek terdeteksi pada jarak 10 mm dari sensor cahaya dan 60 mm di depan dinding yang memantulkan, sehinga objek pada jarak 10 mm ditempatkan di depan sensor dan tombol "SET" ditekan sebentar. Scan diffuse merekam jumlah cahaya yang dipantulkan (level sinyal S1). Objek/benda dipinggirkan dan tombol "SET" ditekan lagi, jumlah cahaya S2 latar belakang terdeteksi.

Dengan dua pengukuran ini, mikroprosesor sensor telah membentuk hal-hal berikut :

- titik pensakelaran

- histeresis

Titik pensakelaran terletak pada jarak 40 mm, sesuai dengan pusat jarak deteksi. Sebuah benda dengan antarmuka yang sama akan menyebabkan output sensor berubah, tetapi dengan LED berkedip, ini dikarenakan cadangan fungsional belum cukup, sehingga objek harus bergerak menuju sensor hingga 50% dari level sinyal S1 tercapai, maka LED beralih ke cahaya stabil, yaitu level sinyal cukup. Jika benda/objek bergerak ke kanan sekitar 6 mm, sensor akan dimatikan.

Gambar 4.134 Prosedur pengajaran (teach-in)

Histeresis (perbedaan jalur antara aktivasi dan deaktivasi sensor) mengkalkulasi sensor itu sendiri secara optimal. Histeresis menempatkan switch-off pada sekitar 10% dari jarak objek dan dinding, yaitu 6 mm. Dengan titik hitungan ini, sensor memiliki sinyal optimal terhadap noise. Hal ini memastikan bahwa, untuk tingkat kontaminasi optik tertentu, sensor masih mendeteksi objek dengan jelas.

Jika dua-titik pengajaran keduanya terlalu dekat, maka LED akan berkedip. Hal ini menunjukkan kepada pengguna bahwa margin sinyal sehubungan dengan titik kerja tidak 50%.

D.8 Sensor Fiber Optik

Operasi dasar sama untuk fiber optik yang dibuat dari kaca atau plastik. Fiber optik dipasangkan didepan transmitter dan receiver dan memperpanjang “mata” sensor. Kabel fiber optik adalah kecil dan fleksibel dan dapat digunaka untuk menyensor tempat-tempat yang sulit dijangkau.

Gambar 4.135 Sensor fiber optik

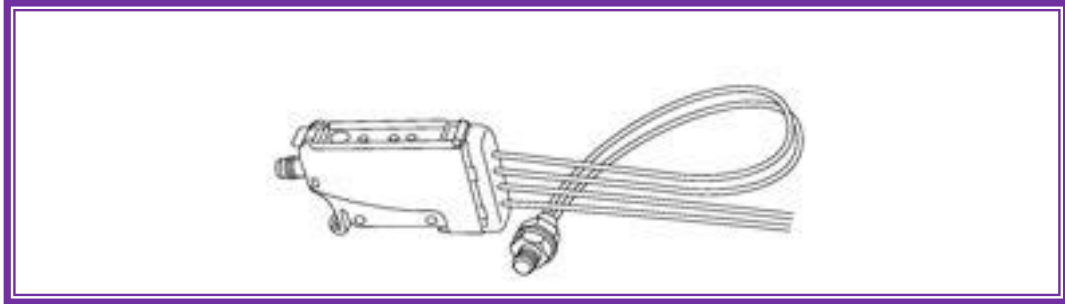
D.9 Sensor Laser Diffuse Dengan Output Analog

Sensor laser analog dapat mengukur jarak secara presisi dari objek dalam daerah penyensorannya. Sensor ini menggunakan sinar laser tampak dengan akurasi tinggi dan output linear.

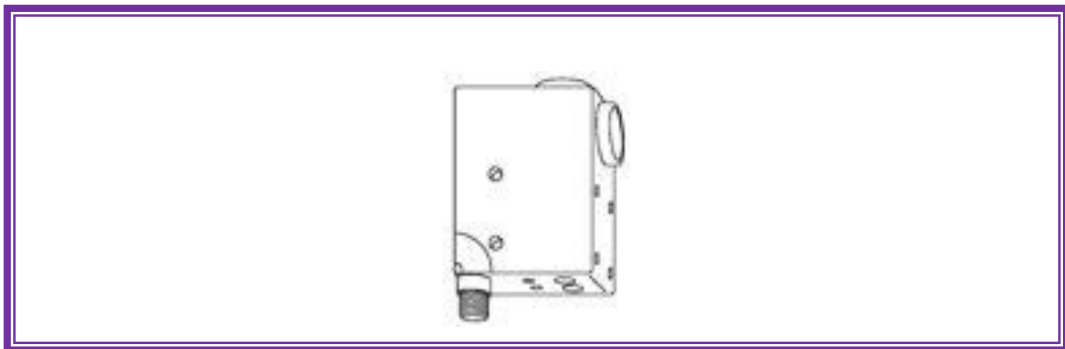
Gambar 4.136 Sensor laser diffuse dengan output analog tipe L50

D.10 BERO warna

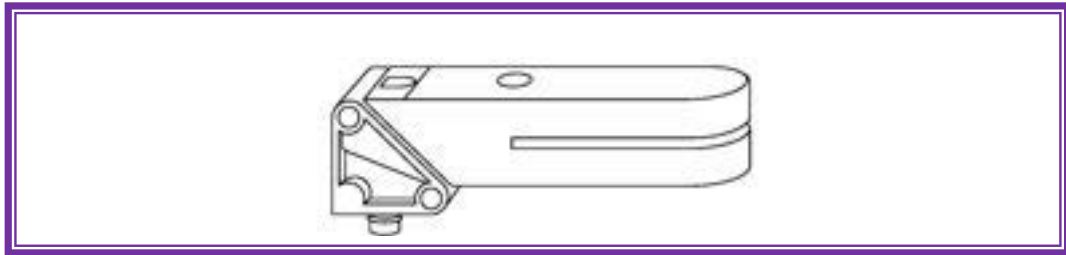
BERO warna menggunakan 3 LED dengan warna merah, hijau, dan biru. Sinar dipancarkan ke target dan dapat mendeteksi warna tertentu dari sinar yang

dipantulkan. Sensor ini menggunakan “Pembelajaran” untuk mengatur warna yang akan dideteksi.

Gambar 4.137 Sensor warna CL40

D.10.1 BERO tanda warna

BERO tanda warna digunakan untuk mndeteksi warna tertentu. Sensor ini bekerja berbeda dengan CL40. Sensor menggunakan sinar hijau atau merah untuk emitter. Warna dipilih tergantung pada kontras dari target. Target dan warna background dapat diset sendiri-sendiri.

Gambar 4.138 Sensor C80

D.10.2 BERO slot

Target diletakkan di dalam slot sensor. Sinar yang dipancarkan menerobos melalui objek. Perbedaan kontras, kebasahan, atau lubang di dalam target akan memvariasi jumlah sinar yang mencapai receiver. Sensor menggunakan “pembelajaran”. Tersedia dengan sinar inframerah atau sinar tampak hijau/merah.

Gambar 4.139 Sensor G20

Tabel 4.18 Petunjuk pemilihan

Sensor Type	Sensor	Range	Voltage	Teach In	Output		Mode		Connection			Housing
					PNP	NPN	DO	LO	M8	M12	Cable	
Fiber Optic	K35	75 mm	10-30 VDC		X	X	X	X	X		X	Plastic
	KL40	280 mm	10-30 VDC	X	X	X	X	X	X		X	Plastic
	K30	120 mm	10-36 VDC		X	X	X	X	X		X	Plastic
	K40	150 cm	10-36 VDC		X	X	X	X	X	X	X	Plastic
Laser Diffuse Analog Output	L50	45-85 mm	18-28 VDC								X	Plastic
Color BERO	CL40	15 mm	10-30 VDC	X	X	X	X	X	X		X	Plastic
Color Mark BERO	C80	18 mm	10-30 VDC	X	X		X	X		X	X	Metal
Slot BERO	G20	2 mm	10-30 VDC	X	X	X	X	X	X			Metal

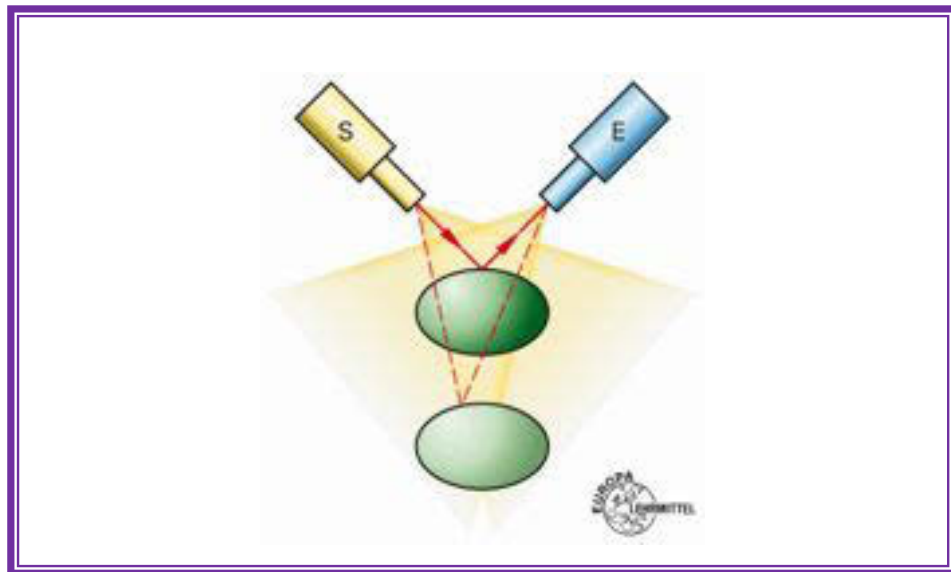
5.5.3 Rangkuman

5.5.4 Tugas

1. Sinar dimodulasi pada sensor photoelektik adalah frekuensi pulsa pada frekuensi antara …………dan ………….kHz
2. Excess …………adalah pengukuran jumlah sinar jatuh pada receiver dalam jumlah sinar minimum yang diperlukan untuk mengoperasikan sensor.
3. …………adalah teknik scan dimana emitter dan receiver ada di dalam 1 unit. Sinar dari emitter dikirimkan dalam garis lurus ke reflektor dan dikembalikan ke receiver.
4. Filter polarisasi pada sensor scan retroreflektif mengorientasi bidang sinar ……… derajat ke sensor yang lain.
5. Faktor koreksi untuk scan diffuse dari cork dengan sensor photoelektrik adalah ………….. %.
6. Operasi …………….. adalah mode operasi dimana beban diaktifkan jika sinar dari emitter sensor photoelektrik tidak ada yang sampai ke receiver.
7. Fiber optik adalah teknik scan:
   a. Benar
   b. Salah
8. Laser sensor photoelektrik menggunakan laser klas ………..

TUGAS :

1. Berdasarkan apa jenis OPTO-sensor dibagi?
2. Jenis sensor apa yang terbesar dalam rentang yang mungkin dicapai?
3. Mengapa retroreflective dilengkapi dengan filter polarisasi?
4. Identifikasi sifat khusus dari scan diffuse satu arah?
5. Bagaimana refleksi cahaya scanner disesuaikan?
6. Jelaskan fungsi dari penindasan latar belakang (background suppression)?
7. Jenis yang manakah serat optik yang ada? Jelaskan sifat khususnya!
8. Apakah mode operasi terang atau gelap?
9. Pengaruh apa yang dapat mengganggu sensor optik dalam fungsi tersebut?
10. Gambar dibawah menunjukkan optik deteksi obyek. Apa prinsip optik yang diterapkan dalam kasus ini?

S
E

5.5.5 Tes Formatif

5.5.6 Lembar Jawaban Tes Formatif

5.5.7 Lembar Kerja Peserta Didik

5.6 Kegiatan Belajar 16: Sensor Optik Elektronik

5.6.1 Tujuan Pembelajaran

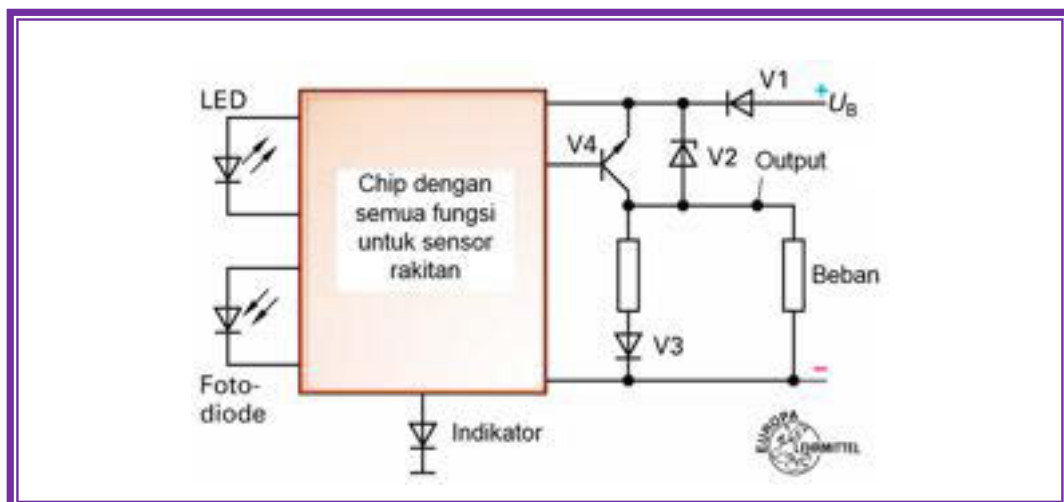
Setelah selesai mempelajari materi ini, peserta didik dapat:

a. Mengidentifikasi sensor optik elektronik
b. Menjelaskan cara kerja sensor optik elektronik
c. Menjelaskan petunjuk penggunaan sensor optik elektronik
d. Menjelaskan indikasi pra-kesalahan sensor optik elektronik
e. Menjelaskan kriteria pemilihan sensor optik elektronik
f. Menghitung faktor koreksi kondisi lingkungan sensor optik elektronik
g. Menghitung faktor koreksi bahan pada sensor optik elektronik
h. Menjelaskan keutungan dan kerugian sensor optik elektronik
i. Menghitung cadangan fungsi/operasi minimum sensor optik elektronik.
j. Membandingkan aplikasi berbagai sensor proksimiti, dan sensor photoelektrik

5.6.2 Uraian Materi

SENSOR OPTIK ELEKTRONIK

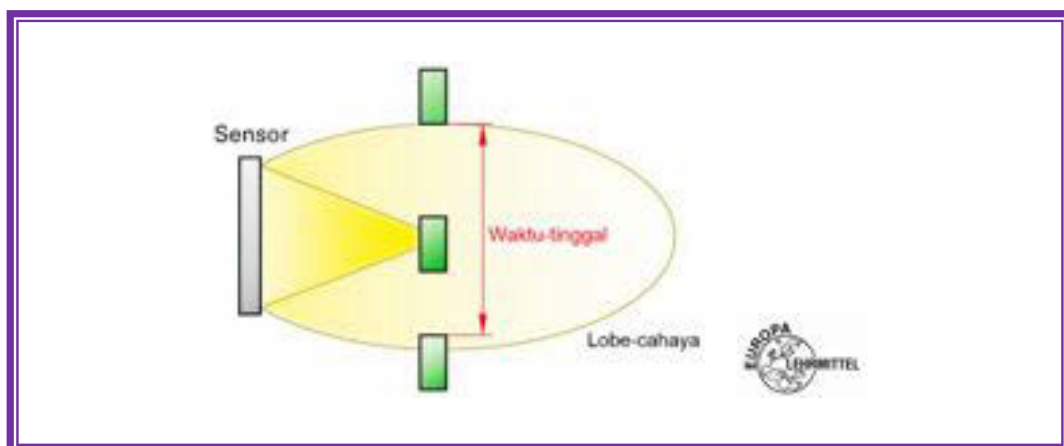
E. Sensor Optik Elektronik

Gambar dibawah menunjukkan struktur dasar sensor. Penampilan level output berlaku untuk semua jenis inisiator, terlepas dari prinsip fisik, jika sensor dibuat dengan teknik NPN.

Gambar 4.140 Struktur elektronik dari sensor

E.1 Deskripsi Fungsi

Melalui V1 (diode pengaman polaritas terbalik) keluaran chip sensor V4 akan didukung transistor. Untuk mempertahankan cahaya dioda secara cukup, V4 terbuka. Beban, seperti relay adalah untuk diberi energi. Zener diode V2 berfungsi sebagai perlindungan overvoltage untuk transistor. Displai status menunjukkan kestabilan cahaya, bahwa jalur sinar tidak terganggu dan cadangan fungsional setidaknya memiliki faktor 1,5. Sinyal berkedip mengisyaratkan bahwa jalur sinar tidak terganggu, tetapi cadangan funktion terlalu kecil. Status indikator padam setelah sinar terganggu/terputus.

E.2 Petunjuk Penggunaan

Dalam prakteknya seringkali untuk mendeteksi objek yang sangat kecil dengan kecepatan tinggi. Dengan demikian, pendek waktu-tinggal objek dalam pendeteksian. Deteksi obyek yang dapat diandalkan membutuhkan frekuensi denyut tinggi (sampling rate) dari sensor. Output transistor khusus berada pada frekuensi hingga 1 kHz, sebuah sensor optik khusus memiliki frekeunsi hingga 10 kHz. Kecepatan akuisisi tinggi selalu diiringi dengan mengorbankan intensitas sinyal. Oleh karena itu jika kecepatan pendeteksian meningkat, kurangi jarak deteksi.

Gambar 4.141 Waktu-tinggal

E.3 Indikasi Pra–kesalahan

Sesuai aturan, sedikit mengotori sensor optik dapat mengurangi jangkauan atau menyebabkan kerusakan. Namun sebelum hal ini terjadi, ada laporan kesalahan dari indikator LED merah yang menyala berkedip. Tindakan tepat waktu seperti membersihkan perambahan ini dapat mencegahnya.

E.4 Kemampuan Untuk Dapat Diulangi Lagi, Dapat Dihasilkan Lagi

Jika suatu benda dalam sinar sensor, maka ini harus selalu berubah di tempat yang sama. Photocell melakukan hal ini dengan sangat baik ketika lensa tidak kotor. Jika aplikasi menuntut pengulangan yang tinggi, hanya retroreflektif yang cocok, scan diffuse tanpa background-suppression harus dihindari, karena bahkan dengan sedikit kontaminasi dapat menggeser titik switching. Secara umum, perubahan suhu lingkungan serta fluktuasi daya dapat mempengaruhi titik switching. Sebuah reproduktifitas tinggi dicapai dengan serat optik.

E.5 Aplikasi Dalam Bahaya Ledakan

Area berbahaya adalah zona di mana campuran gas terjadi. Bunga-api dapat menyebabkan ledakan. Sensor optik yang tersedia tidak cocok untuk daerah-daerah tersebut karena adanya konsumsi daya, kecuali khusus sensor NAMUR (Normenarbeitsgemeinschaft fur Mess- und Regelungstechnik). Di daerah berbahaya orang menggunakan serat optik dan memasang photocell di luar, sehingga penggunaannya diperbolehkan.

E.6 Kriteria Pemilihan

Scan diffuse dan retroreflective memerlukan cadangan fungsional tertentu untuk operasi yang aman. Untuk scan diffuse tanpa background-suppression dibutuhkan cahaya dalam jumlah yang cukup. Karena di banyak lokasi, udara sarat dengan debu dan minyak, lensa sensor kotor. Hal ini mengurangi jumlah cahaya yang diterima, yang menyebabkan tidak berfungsinya sensor (lihat indikasi Pre-kesalahan). Oleh karena itu, faktor koreksi harus dipertimbangkan.

E.7 Faktor koreksi untuk kondisi lingkungan

Dalam lingkungan bebas debu,fotosel harus memiliki cadangan fungsional sebesar 1,5.Untuk lingkungan yang kotor,sensor dengan cadangan fungsional (faktor) yang sesuai yang akan digunakan.

Cadangan fungsional

Cadangan fungsional 20 berarti bahwa sensor menerima cahaya 20 kali lebih banyak, sebagai cadangan yang diperlukan untuk fungsi yang tepat.

Tabel 4. Faktor koreksi untuk Lingkungan

Faktor	Kontaminasi pada lensa dan reflektor melalui kabut, debu, film minyak
1,5	Bebas debu
5	sedikit berdebu, berminyak, pembersihan secara teratur
10	cukup berdebu, berminyak, polusi terlihat, pembersihan jika diperlukan
50	polusi tinggi, pembersihan jarang sampai tidak

Tabel 4.

Faktor koreksi untuk Bahan

Faktor	Bahan
1	Kartu tes kodak
1,5	Koran dicetak
4,5	Palet kayu bersih
0,6	Aluminium tidak diobati

E.8 Faktor koreksi untuk bahan (pantulan)

Faktor ini akan digunakan hanya pada scanner diffuse, karena mengevaluasi cahaya/sinar yang dipantulkan dari objek.

Catatan:

Faktor reduksi bahan tidak berlaku untuk sensor yang menggunakan metode triangulasi. Di sini, pengurangan jangkauan deteksi harus diperjelas dalam sebuah objek gelap.

Contoh dimensioning

Sebuah sensor diffuse untuk mendeteksi pada jarak sekitar 50 mm di palet kayu sedikit berdebu aman. Latar belakang hampir tidak memantulkan.

Pilih jenis tombol:

Cukup gunakan sensor diffuse tanpa penekanan latar belakang (without background suppression).

Gambar 4.142 Scan diffuse

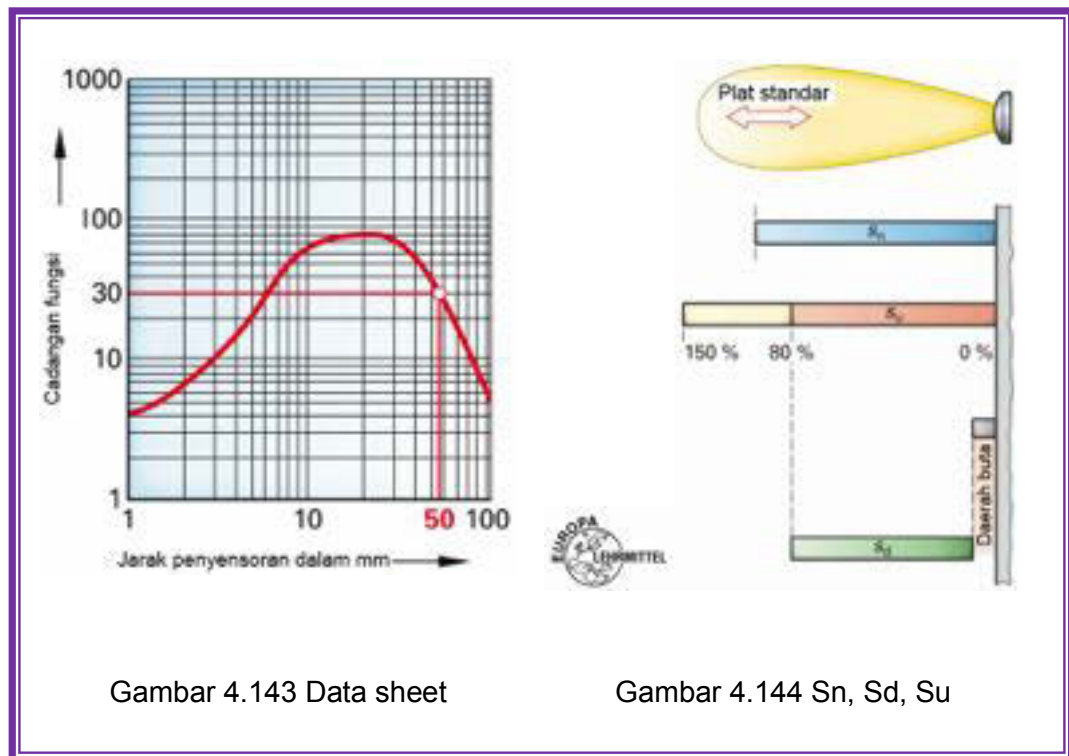
E.9 Perhitungan Cadangan Fungsi/operasi minimum

Kondisi: lingkungan yang sedikit berdebu,

Bahan untuk dideteksi: panel kayu bersih,

Cadangan operasi = 5 x 4,5 = 22,5 (lihat Tabel)

Dari data sheet sensor yang dipilih adalah cadangan fungsi 30 dibaca di 50 mm. Sehingga sensor ini juga cocok untuk aplikasi.

Kriteria seleksi lainnya adalah jangkauan deteksi. Ini menyediakan informasi tentang jarak antara objek dan penginderaan permukaan sensor yang menyebabkan perubahan sinyal pada output.

Gambar 4.143 Data sheet

Gambar 4.144 Sn, Sd, Su

Definisi istilah (Gambar 2)

Rentang jarak operasi Sn adalah parameter jarak switching tanpa memperhitungkan toleransi manufaktur dan pengaruh eksternal, seperti suhu dan tegangan.

Zona/daerah buta adalah daerah antara permukaan aktif dan jarak minimum di mana suatu objek tidak dapat dideteksi.

Jangkauan deteksi Sd adalah ruang di mana jarak operasi dari sensor optik dapat diatur dengan target Standard.

Jarak operasi dapat digunakan Su adalah jarak operasi diperbolehkan dalam batas tegangan dan suhu tertentu.

E.10 Keuntungan Dan Kerugian Sensor Optik
Keuntungan:

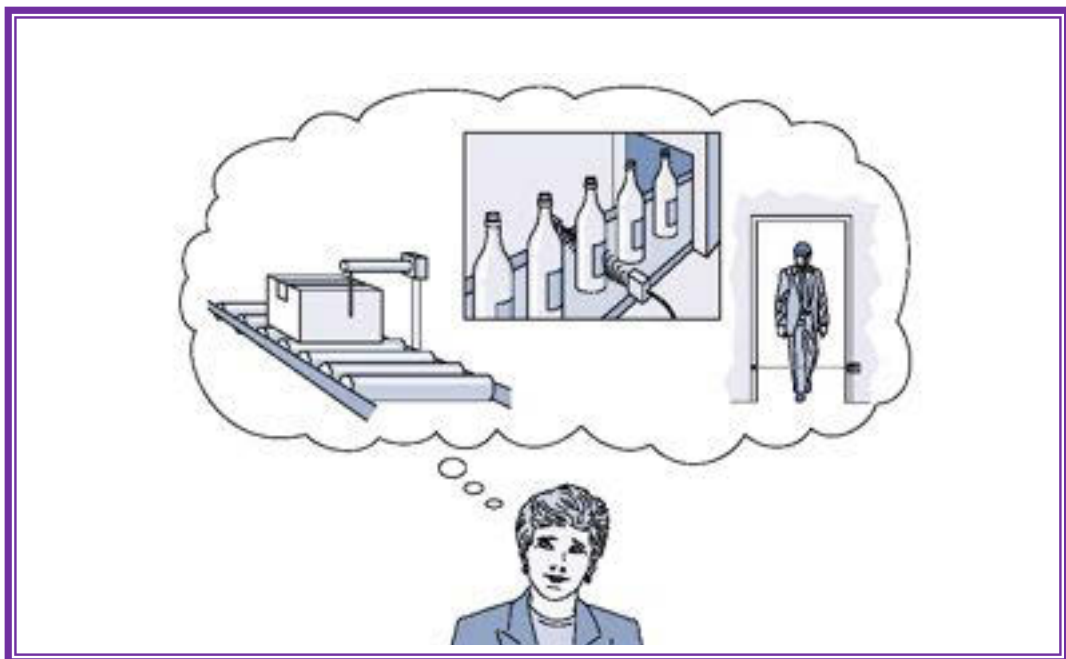
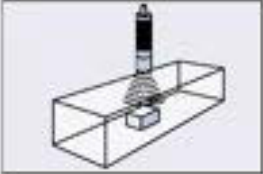
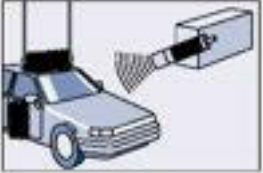
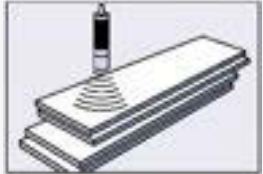
- Dalam desain saklar sensor optik beroperasi tanpa umpan balik, tidak tergantung pada material dan jarak jauh
- Anda bekerja bebas asalkan batas data diamati

- Semua sensor optik menghasilkan sinyal keluaran yang bebas-bounce.

Kekurangan:

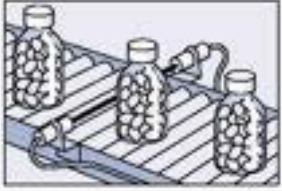
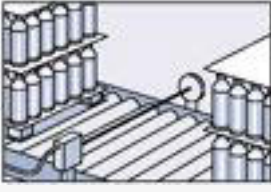
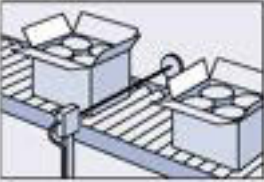
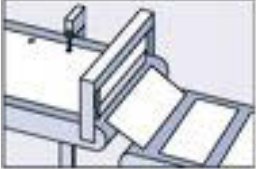
- Untuk mengoperasikan diperlukan energi tambahan
- Cahaya sekitar dan polusi dari semua jenis dapat menyebabkan operasi yang salah
- Mereka yang jauh lebih mahal daripada, misalnya, switch mekanis biasa.

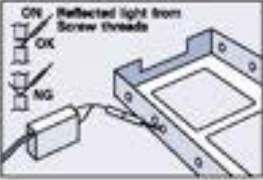
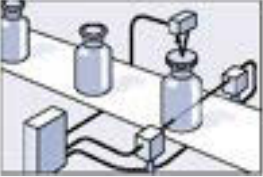
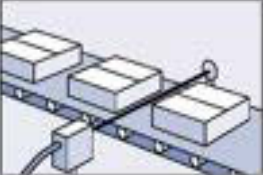
F. Aplikasi Sensor

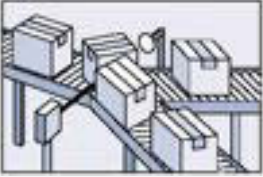
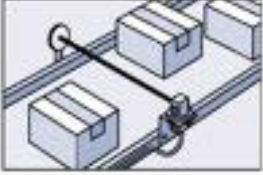
Ada beberapa angka aplikasi dimana sensor dapat digunakan, dan seperti yang Anda temukan dalam buku ini. Seringkali, lebih dari satu sensor yang akan mengerjakan tugas. Sehingga aplikasi menjadi lebih rumit dan sulit untuk memilih sensor yang benar. Aplikasi berikut ini membimbing Anda untuk menemukan sensor yang tepat.

Gambar 4.145 Aplikasi sensor

Tabel 4.19 Aplikasi sensor ultrasonik

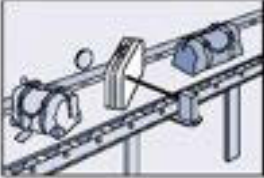
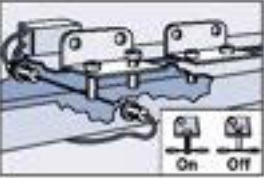
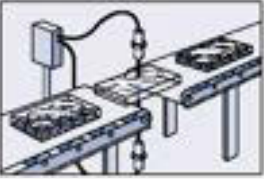
Sketsa	Nama aplikasi dan sensor
	Aplikasi Pengukuran level bejana besar (Tangki, Silo) **Sensor** 3RG61 13 Compact Range III
	Aplikasi Anti-Collision **Sensor** 3RG60 14 Compact Range I
	Aplikasi Pengukuran level dalam botol kecil **Sensor** 3RG61 12 Compact Range III

	Aplikasi Pengukuran ketinggian **Sensor** 3RG60 13 Compact Range II
	Aplikasi Kontrol kualitas **Sensor** 3RG61 12 Compact Range III
	Aplikasi Penyensoran kerusakan **Sensor** 3RG61 12
	Aplikasi Penghitungan botol **Sensor**

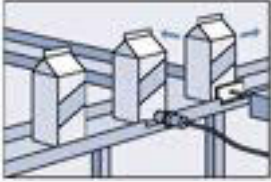
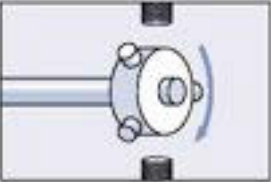
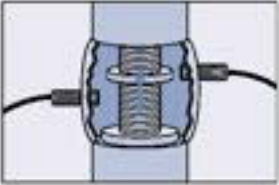
	3RG62 43 Thru Beam
	Aplikasi Penyensoran objek **Sensor** 3RG60 12 Compact Range II
	Aplikasi Penyensoran mobil dan Penempatan **Sensor** 3RG60 14 Compact Range III
	Aplikasi Penyensoran ketinggian tumpukan **Sensor** 3RG60 13 Compact Range II

	Aplikasi Pengenalan bentuk **Sensor** 3RG61 13 Compact Range III
	Aplikasi Penyensoran diameter dan Kontrol kecepatan bidang **Sensor** 3RG61 12 Compact Range III
	Aplikasi Penyensoran orang **Sensor** 3RG60 12 Compact Range II
	Aplikasi Monitoring kerusakan kawat dan tali

	Sensor 3RG60 12 Compact Range I
	Aplikasi Kontrol Loop **Sensor** 3RG60 15 Compact Range

Tabel 4.20 Aplikasi sensor photoelektrik

Sketsa	Nama aplikasi dan sensor
	Aplikasi Verifikasi objek dalam botol bening **Sensor** M12 Thru Beam
	Application Aliran palet pembawa botol **Sensor** K40 Retroreflective

Sketsa	Nama aplikasi dan sensor
	Aplikasi Penghitung kaleng **Sensor** K50 Polarized Retroreflective
	Application Penghitung botol **Sensor** SL18 Retroreflective
	Aplikasi Penghitung karton **Sensor** K65 Retroreflective
	Application Pencuci mobil

Sketsa	Nama aplikasi dan sensor
	Sensor SL Thru Beam
	Aplikasi Pembacaan tanda referensi untuk pemotongan **Sensor** C80 Mark Sensor
	Aplikasi Deteksi manusia **Sensor** K50 Retroreflective
	Aplikasi Pengontrolan pintu parkir **Sensor** SL Retroreflective

Sketsa	Nama aplikasi dan sensor
	Application Deteksi ujung rol **Sensor** K31 Diffuse
	Application Deteksi label benang **Sensor** KL40 Fiber Optic
	Aplikasi Deteksi tutup botol **Sensor** K20 Diffuse with Background Suppression and K31 Thru Beam
	Aplikasi Penghitungan paket

Sketsa	Nama aplikasi dan sensor
	Sensor K80 Retroreflective
	Aplikasi Deteksi komponen di dalam botol logam **Sensor** K50 Background Suppression
	Aplikasi Deteksi item dari ketinggian yang berbeda **Sensor** K80 Background Suppression
	Aplikasi Pembedaan orientasi chip IC **Sensor** L50 Laser with Background Suppression

Sketsa	Nama aplikasi dan sensor
	Aplikasi Pengontrolan ketinggian tumpukan **Sensor** SL Thru Beam
	Aplikasi Deteksi Orientasi chip IC **Sensor** Color Mark or Fiber Optic
	Aplikasi Deteksi antrian pada Conveyor **Sensor** K50 Retroreflective
	Application Penghitungan box dimanapun pada Conveyor

Sketsa	Nama aplikasi dan sensor
	Sensor SL18 Right Angle Retroreflective
	Aplikasi Penghitungan pin chip IC **Sensor** KL40 Fiber Optic
	Aplikasi Penghitungan sekumpulan dan pembalikan botol tanpa label. **Sensor** K40 Polarized
	Aplikasi Deteksi objek yang reflektif **Sensor** K80 Polarized Retroreflective
	Aplikasi Deteksi keberadaan objek untuk men-start

Sketsa	Nama aplikasi dan sensor
	Conveyor **Sensor** K35 Retroreflective
	Aplikasi Verifikasi cairan di dalam botol kecil **Sensor** K35 Fiber Optic
	Aplikasi Verifikasi Skrup dipasang secara benar **Sensor** KL40 Fiber Optic
	Aplikasi Verifikasi kue ada di paket transparan **Sensor** KL40 Fiber Optic

Sketsa	Nama aplikasi dan sensor
	Aplikasi Verifikasi ketinggian Lipstick sebelum ditutup **Sensor** M5 or M12 Thru Beam
	Aplikasi Deteksi label dengan background transparan **Sensor** G20 Slot Sensor
	Aplikasi Monitoring Objek sehingga mereka keluar mangkuk penggetar **Sensor** K35 Fiber Optic

Tabel 4.21 Aplikasi sensor proksimiti

Sketsa	Nama aplikasi dan sensor
	Aplikasi Deteksi keadaan kerusakan ujung mata bor

Sketsa	Nama aplikasi dan sensor
	Sensor 12 mm Normal Requirements
	Aplikasi Deteksi susu di karton **Sensor** Capacitive
	Aplikasi Deteksi keadaan sekrup pada Hub untuk kecepatan atau kontrol arah **Sensor** 30mm Shorty
	Aplikasi Kontrol level pengisian zat padat, arang dari tempat penyimpanan **Sensor** Capacitive

Sketsa	Nama aplikasi dan sensor
	Aplikasi Deteksi keadaan botol dan tutup **Sensor** 30mm Normal Requirements or UBERO, 18mm Normal Requirements Gating Sensor
	Aplikasi Deteksi posisi katup buka penuh atau tutup **Sensor** 12mm or 18mm Extra Duty
	Application Deteksi kerusakan kepingan pada mesin frais **Sensor** 18 mm

5.6.3 Rangkuman

5.6.4 Tugas

1. Buatkan tabel identifikasi aplikasi untuk semua jenis sensor yang telah Anda pelajari!

5.6.5 Tes Formatif

5.6.6 Lembar Jawaban Tes Formatif

5.6.7 Lembar Kerja Peserta Didik

5.7 Kegiatan Belajar 17: Enkoder

5.7.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah selesai mempelajari materi ini, peserta didik dapat:

a. Mengidentifikasi sebuah enkoder
b. Menjelaskan konstruksi enkoder
c. Menjelaskan cara kerja enkoder inkremental dan enkoder absolut
d. Membandingkan enkoder inkremental dan enkoder absolut
e. Menjelaskan cara deteksi arah pada enkoder inkremental
f. Menghitung kecepatan maksimum yang diijinkan pada enkoder inkremental
g. Mengukur karakteristik enkoder inkremental dan enkoder absolut
h. Menggambarkan sambungan beban sistem PNP dan NPN, sistem 2-kabel dan 3-kabel.

5.7.2 Uraian Materi

ENKODER

G. Encoder Sebagai Sensor Perpindahan Dan Pengukuran Sudut

Informasi apakah "lengan robot" mengikuti jalur yang ditentukan, apakah alat mengambil tepat pada posisi kerjanya atau apakah perangkat transportasi telah mencapai posisi akhir, yang diperlukan untuk mengontrol peralatan otomatisasi. Apakah tetap untuk memantau posisi akhir yang telah ditentukan atau titik referensi yang disukai menggunakan sensor proksimiti induktif atau kapasitif atau optik. Apakah untuk menangkap translasi (translasi, lat = gerakan progresif lurus) dan / atau gerakan rotasi dengan akurasi tinggi dan dalam waktu singkat, sistem pengukuran elektronik seperti encoders rotary digunakan. Hampir setiap gerakan linier dengan gerakan berputar terkait. Sehingga hampir setiap gerakan linear dapat diubah menjadi gerakan berputar, sehingga encoder yang juga dapat digunakan untuk pengukuran perpindahan.

G.1 Konstruksi rotary encoder

Sebuah dioda pemancar inframerah memancarkan cahaya dalam mode inkremental. Sebuah perangkat optik menggabungkan sinar ini menjadi sinar cahaya paralel. Ini melewati diafragma kisi dan kisi-kisi dari pulsa disk. Dioda terletak di belakang kemudi menghasilkan pulsa intensitas cahaya proporsional arus yang sinusoidal. Dengan elektronik hilir untuk sinyal sinusoidal tersebut diubah menjadi sinyal gelombang persegi. Pada encoder mutlak, konversi kode harus dilakukan. Rangkaian driver output memproses sinyal untuk 5 V dan 24 V.

Gambar 4.146 Konstruksi sebuah encoder

G.2 Enkoder Inkremental dan Enkoder Absolut

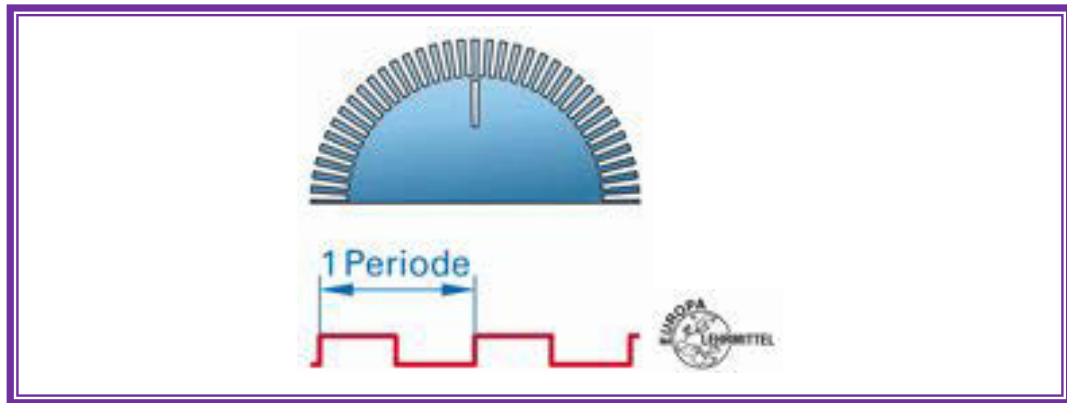
Pembedaan enkoder inkremental dan absolut dikaitkan dengan kegunaan pengukuran dan evaluasinya (pendeteksiannya).

Tabel 4.22 Enkoder

<table>
<tr><th rowspan="3">Inkremental</th><th colspan="2">Absolut</th></tr>
<tr><td colspan="2">Pada setiap posisi sudut, yaitu pada setiap langkah dari sudut rotasi, nilai kode numerik (data word) dikeluarkan dalam bentuk biner. Dalam PLC, data word ini yang akan diproses.</td></tr>
<tr><td>Singleturn</td><td>Multiturn</td></tr>
<tr><td>Memberikan output pulsa yang dapat dideteksi oleh PLC atau counter</td><td>Memberikan (output) posisi absolut dari gerakan rotary.</td><td>Memberikan tambahan untuk posisi absolut dari gerakan berputar dari jumlah putaran.</td></tr>
</table>

G.2.1 Enkoder Inkremental

Piringan/disc enkoder pada enkoder inkremental memiliki dua jejak/track:

- Track A dengan bidang terang-gelap yang teratur (garis). Semakin tinggi jumlah clock, semakin tinggi resolusi enkoder, semakin banyak pulsa yang diberikan oleh enkoder per putaran disc.
- Sebuah indeks track pada setiap putaran menghasilkan pulsa tunggal.

Gambar 4.147 Piringan/disc inkremental

Dengan sensor dapat menghitung jumlah pulsa per unit waktu dan kecepatan poros. Namun, tidak mungkin untuk mendeteksi arah rotasi.

Kecepatan/resolusi sudut W_A

$$W_A = \frac{360^o}{JumlahPulsa(PZ)} \qquad n = \frac{f}{PZ}.60$$

Sudut run-over atau jarak hanya dapat ditentukan dari jumlah pulsa jika arah rotasi diketahui.

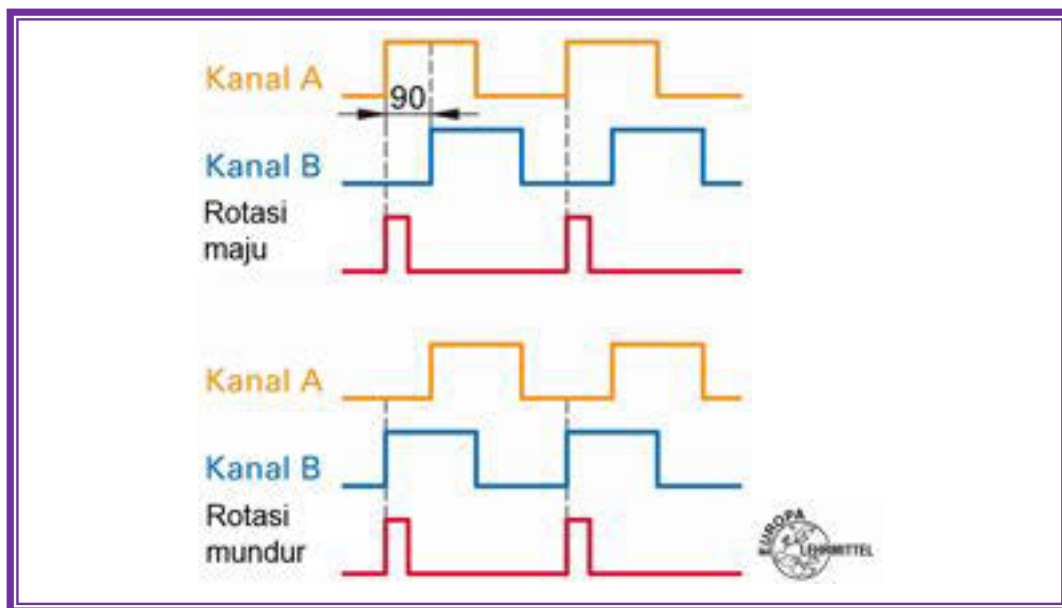
G.2.1.1 Deteksi Arah Rotasi

Sebuah encoder inkremental memerlukan dua sensor untuk mendeteksi arah rotasi. Karena dua sensor, dua output yang disediakan, yaitu saluran A dan

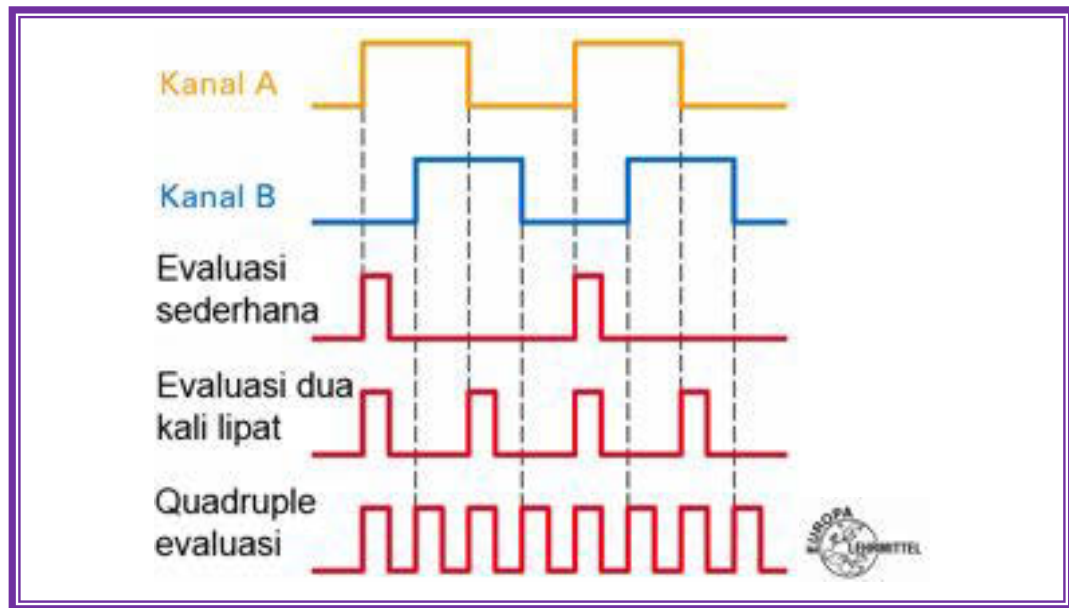
saluran B. Arah putaran poros terdeteksi dengan mengevaluasi posisi fase sinyal ini.

Rotasi maju: Ini mengacu pada tepi (sisi) positif dari saluran (kanal) A. Hal ini terjadi ketika saluran B memiliki keadaan sinyal nol.

Rotasi mundur: sisi positif ini akan dievaluasi dari saluran (kanal) B.

Dengan pergeseran fasa dari dua saluran, adalah mungkin untuk mengenali arah rotasi.

Gambar 4.148 Deteksi arah rotasi

Varian lain dari deteksi arah rotasi dilakukan oleh operasi XOR. Ini mengacu pada sisi positif dari saluran A. A XOR B = 1 - "maju”, A XOR B = 0 –“mundur”.

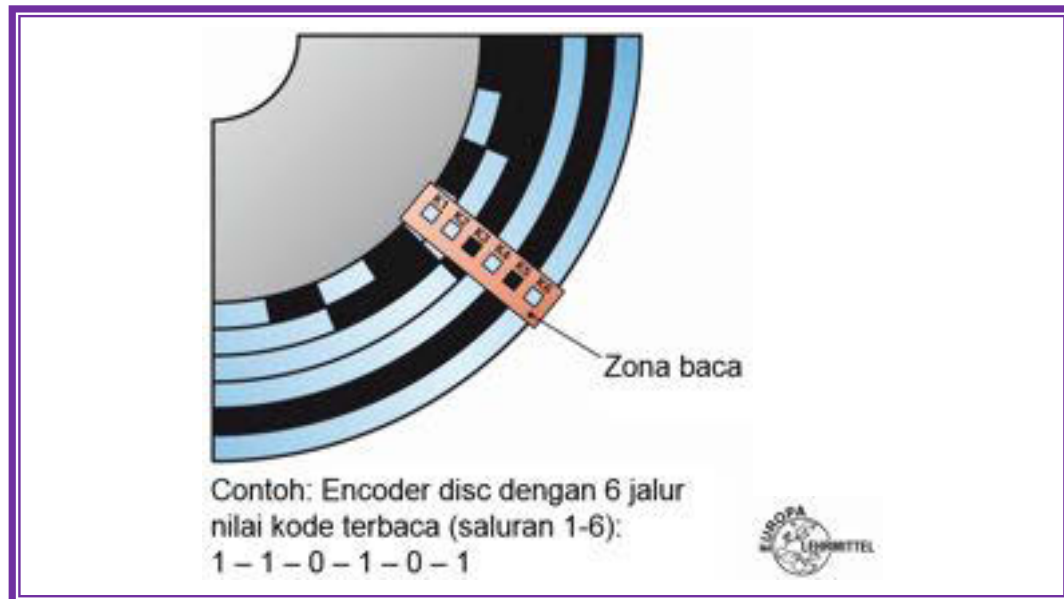
Dengan encoder inkremental pada hari ini dengan disc diameter lingkar 40 mm maksimum dapat mencakup 5.000 goresan. Pada resolusi empat kali lipat (penggunaan sisi naik dan turun dari kedua saluran untuk pembangkitan pulsa), satu putaran menghasilkan 360°/20.000, yang sesuai dengan sudut 0.018°. Resolusi tidak mengabaikan akurasi. Keakuratan encoder inkremental dari akurasi dimensi lebar garis dan jarak spasi garis (umumnya toleransi 10%).

Gambar 4.149 Evaluasi

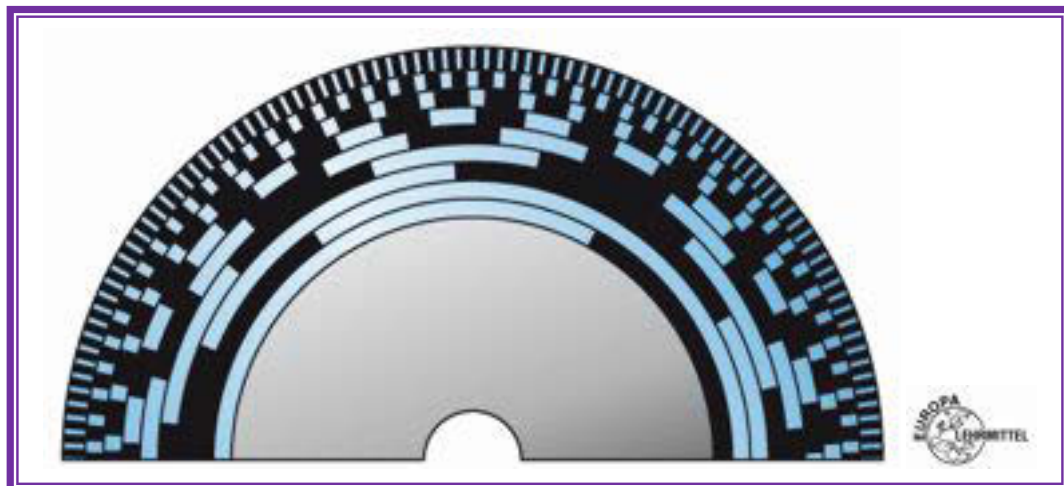
G.2.1.2 Kecepatan maksimum yang diijinkan

Frekuensi cut-off dari enkoder tergantung pada jumlah pulsa per revolusi, elektronik yang digunakan dalam enkoder dan jenis evaluasi. Karena PLC jarang memproses frekuensi di atas 300 kHz, frekuensi output dari enkoder inkremental harus disesuaikan dengan counter yang sesuai. Pada 5000 pulsa/putaran dan frekuensi output yang diijinkan 300 kHz akan menghasilkan kecepatan rotasi poros 3.600 min^{-1} (lihat rumus).

G.2.2 Enkoders Absolut

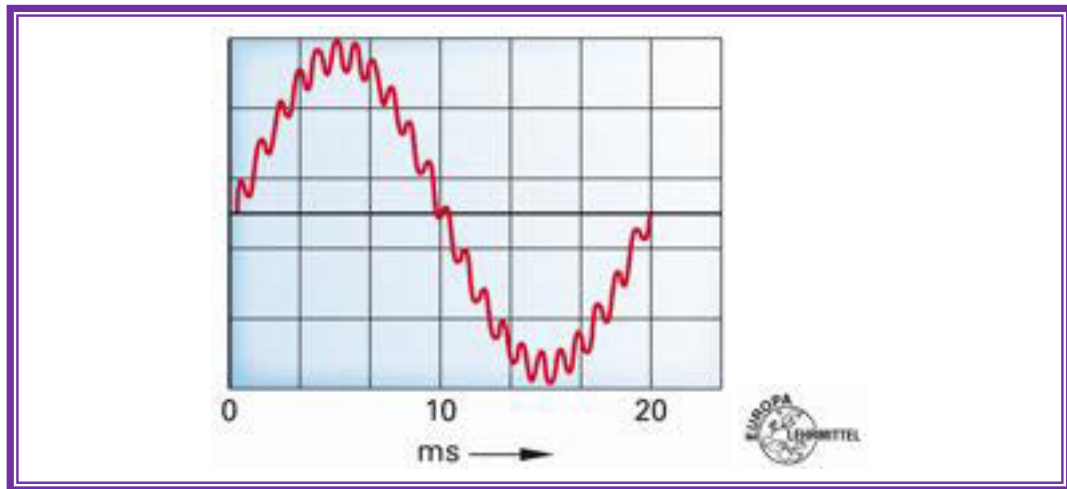
Enkoder inkremental kehilangan informasi ketika listrik gagal/mati. Ketika listrik hidup kembali, atau ketika power aktif kembali, maka tanda referensi harus didekati dalam fase inisialisasi. Hal ini juga diamati pada awal gerakan robot, yang pertama perlahan sumbu bergerak dalam apa yang disebut "home position". Dengan demikian, counter encoder inkremental diinisialisasi.

Enkoder mutlak tidak perlu inisialisasi, begitu sumber daya diaktifkan maka enkoder menuju ke sudut rotasi mutlak, yaitu posisi di mana ia diposisikan. Sinyal output dalam bentuk digital. Enkoder single-turn memiliki hingga 13 bit/kanal (1 bit = 1 kanal). Enkoder multiturn absolut memiliki hingga 25 bit (13 bit untuk posisi dalam revolusi, 12 bit untuk jumlah putaran).

Gambar 4.150 Jalur enkoder absolut

Sering digunakan, kode Gray. Kode Gray merupakan langkah tunggal, yaitu transisi dari satu kondisi ke kondisi di dekatnya, selalu berubah dengan hanya sedikit perbedaan. Salah tafsir ini dapat dihindari dengan kondisi antara (state intermediate).

Gambar 4.151 Piringan kode (code-disc) Gray-code

H. Power Suplai dan Sambungan Beban

Sensor-sensor yang telah diuraikan yaitu sensor optik, induktif, kapasitif dan sensor ultrasonik disuplai dengan tegangan DC 24 V DC. Tersedia juga sensor untuk 12 V DC dan 48 V DC. Juga tersedia sensor untuk tegangan AC 24 V AC, 110 V AC dan 230 V AC.

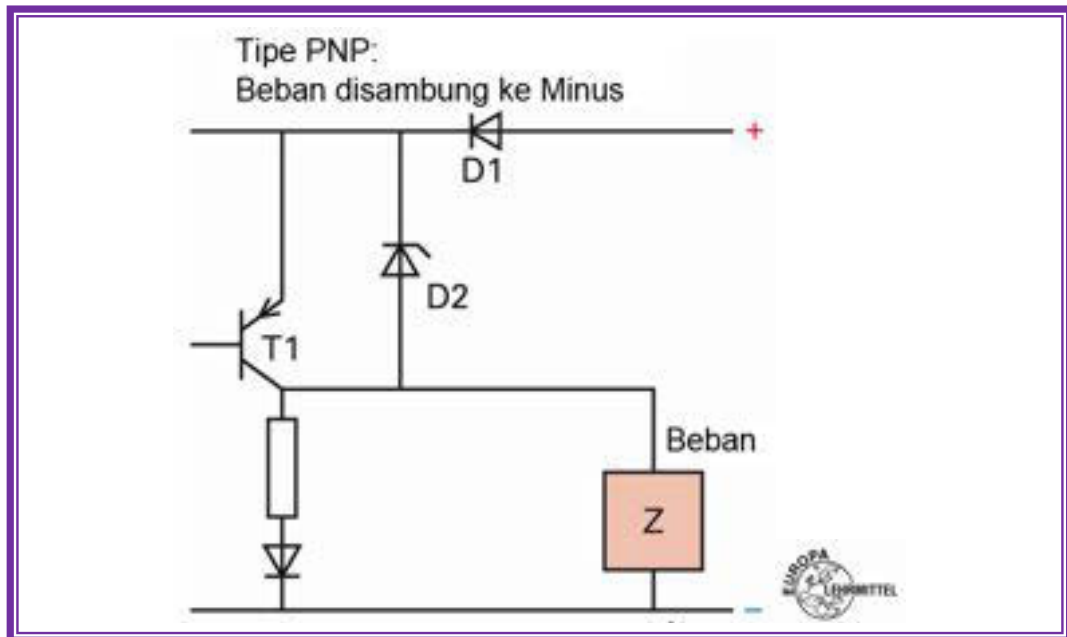
Sensor DC akan bekerja dengan baik jika pasokan tegangan stabil. Sensor AC bekerja secara akurat, asalkan pasokan harmonik utama tidak melebihi 10% dari frekuensi dasar. Sensor dapat dioperasikan dengan tegangan DC dan AC.

Gambar 4.152 Tegangan AC dengan harmonik

H.1 Interferensi elektromagnetik

- Gangguan kebisingan melalui bidang sensor
  Mengaktifkan radio pada sensor induktif dan kapasitif dapat menyebabkan kesalahan fungsi
- Gangguan pada pasokan
  Melalui kabel sensor yang tidak berpelindung dan panjang dalam saluran kabel atau pipa di dekat kabel listrik (peralatan las) sensor dapat terinduksi dan menyebabkan kesalahan switching.

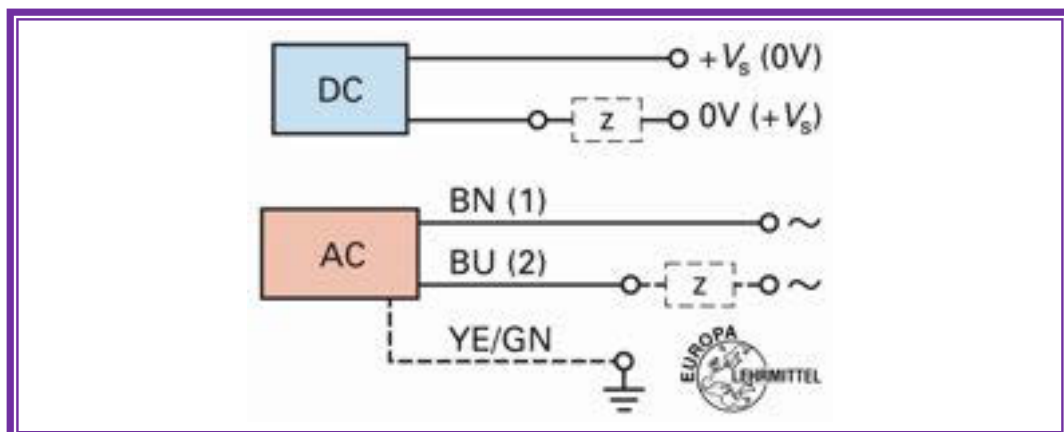
Power supply untuk sensor DC, ada sistem tiga kabel dan dua kabel.

H.2 Sistem tiga kawat (kasus normal)

Rangkaian output untuk kontrol beban adalah sama untuk semua jenis sensor di atas. Perbedaannya adalah sirkuit NPN dan PNP.

Gambar 4.153 Sistem 3-kabel

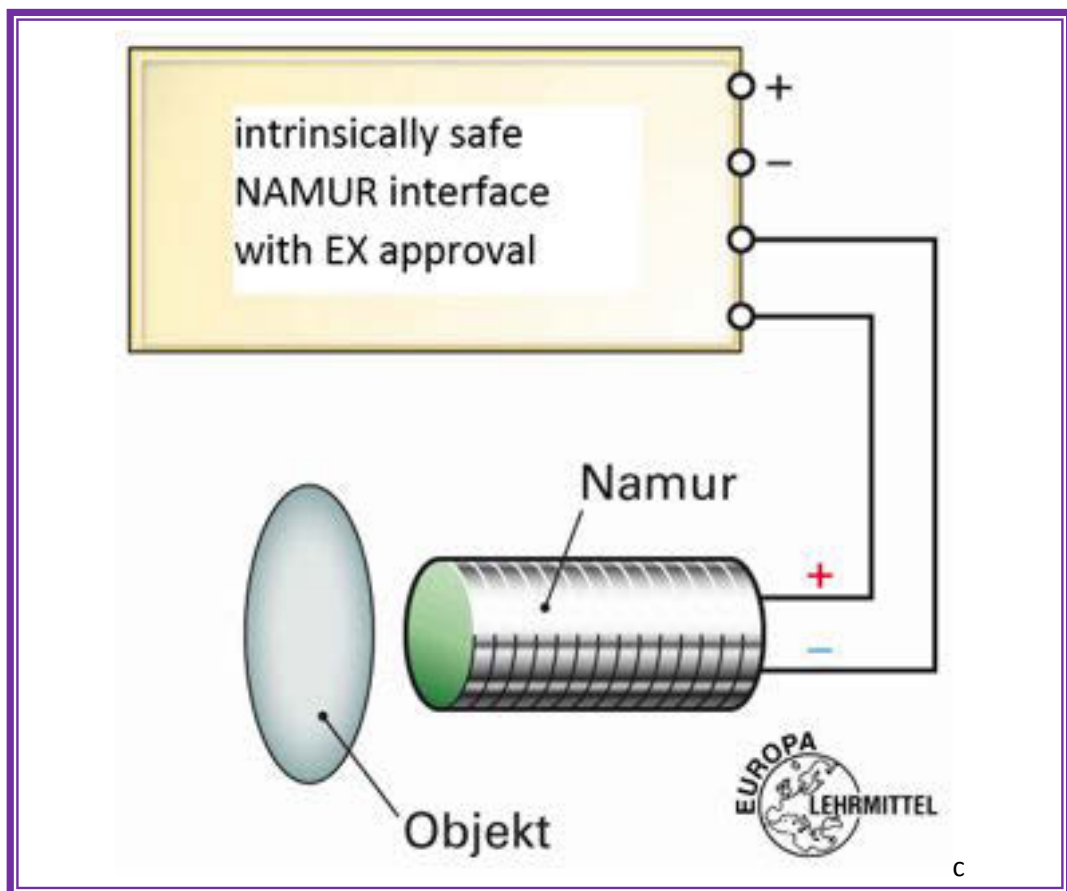
Ketika tipe NPN, maka beban beralih ke plus.

H.3 Sistem dua kawat

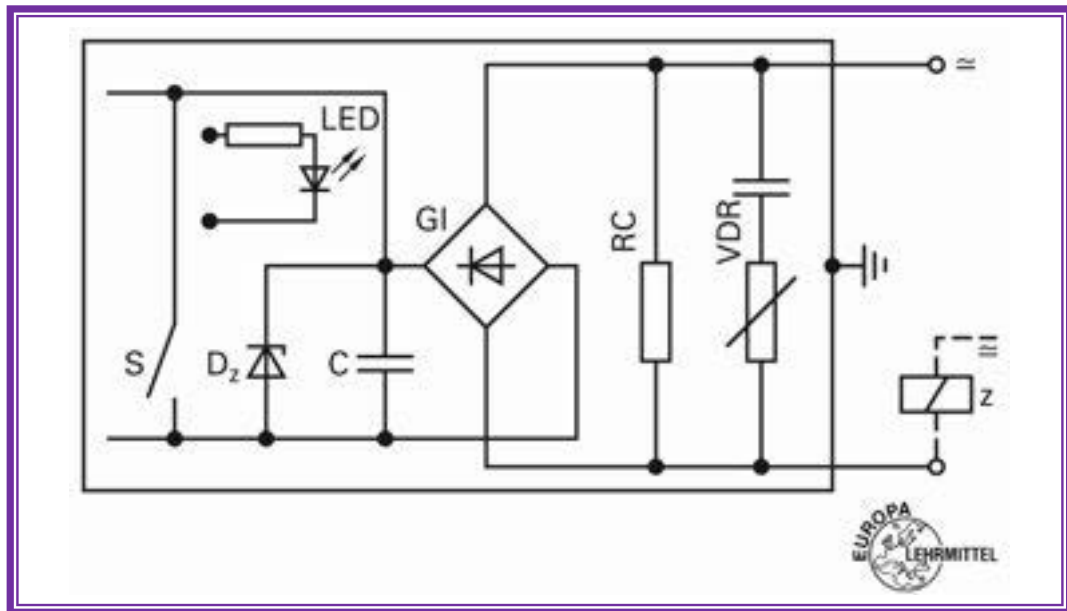
Dalam teknik ini, sensor dihubungkan secara seri dengan beban. Perhatikan polaritas sensor. Melalui dua lead dari sensor dengan daya dan mentransfer sinyal switching. Perlu dicatat bahwa saat tidak terhubung sensor berbeda dengan ketika sensor terhubung. Dalam keadaan ON, sensor menarik arus tertentu dan ada tegangan drop.

Gambar 4.154 Sistem 2-kawat DC/AC

H.4 Sensor NAMUR

Hanya sensor induktif dan kapasitif dieksekusi dalam teknologi NAMUR (Komite Standar untuk pengukuran dan teknologi kontrol dalam industri kimia). Teknik ini digunakan di daerah berbahaya, karena arus atau daya listrik akan dibatasi pada nilai-nilai yang sangat kecil. Disini secara intrinsik switch-amplifier atau interface yang Anda inginkan aman.

Sebuah rangkaian listrik secara intrinsik aman jika kandungan energi yang dapat menyebabkan tidak ada percikan api yang dapat memantik ledakan gas campuran.

Gambar 4.155 Sensor NAMUR dalam sistem 2-kawat

H.5 Sensor untuk catu daya AC

Yang paling umum digunakan adalah teknik 2-wire, beban diaktifkan melalui relay.

Gambar 4.156 Sistem 2-kawat dengan output relai

H.6 Sambungan Beban

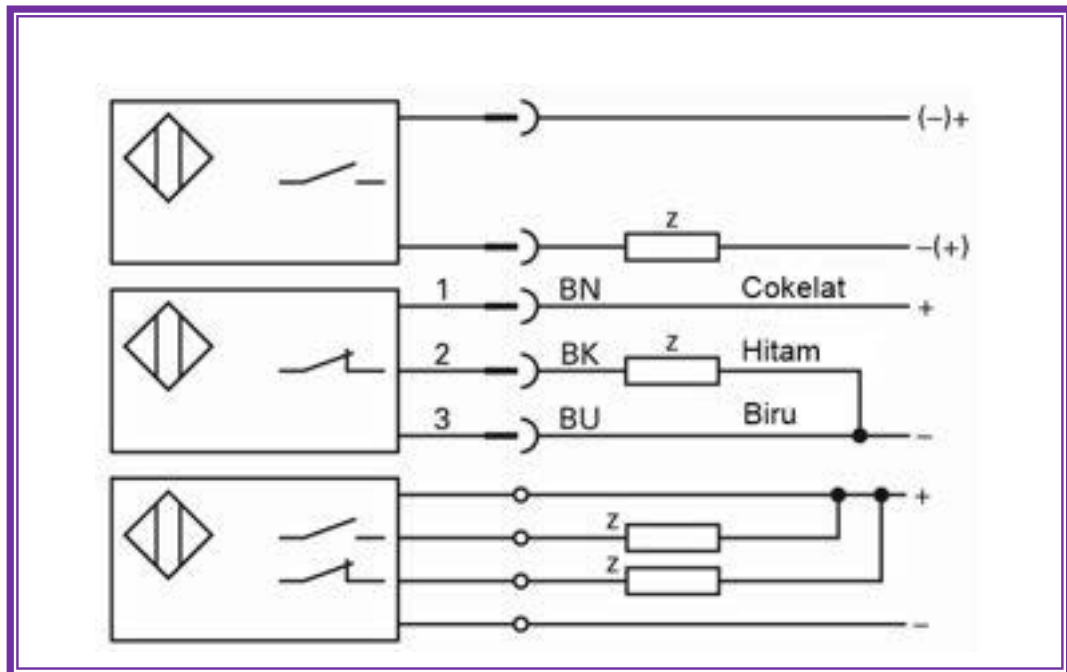
- Aturan fungsi NC dan NO berlaku untuk sensor induktif dan kapasitif berikut:
  Fungsi-penutup NO (normally open)
  Sensor teredam, tidak ada objek di depan area aktif, maka Output terbuka.
  Fungsi-pembuka NC (normally closed)
  Sensor teredam, tidak diaktifkan, output tertutup, sensor konduktif.
- Dalam sensor optik kita berbicara tentang sirkuit terang dan gelap (lihat bab opt. Sensor).
- Pada sensor ultrasonik, tidak ada istilah khusus yang dapat didefinisikan untuk perilaku output.
  Output mungkin mengeluarkan arus listrik ketika suatu objek terdeteksi, atau sebaliknya.

Sistem Dua , tiga , dan empat – kawat

- Teknologi Dua – kawat
  Berlaku hanya dengan sensor induktif dan kapasitif.
- Teknologi Tiga – kawat

Beban dapat mengambil referensi ground (output PNP) atau mengambil referensi positif (output NPN).

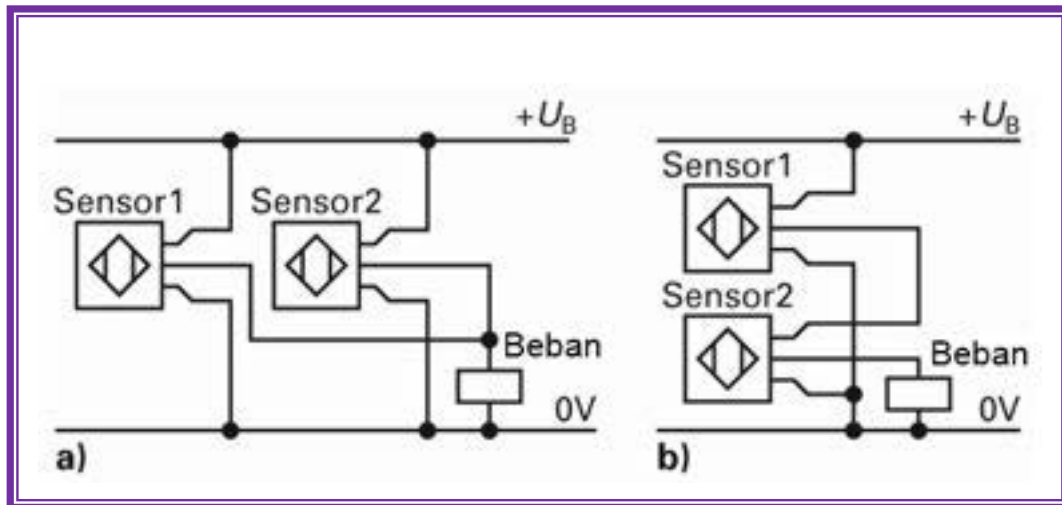
- Teknologi Empat – kawat

  Ini adalah sensor dengan dua output, satu NC, yang lain NO. Jenis ini tersedia baik NPN maupun PNP.

Gambar 4.157 Sistem 2-kawat, 3-kawat, dan 4-kawat

Catatan:

Sehubungan dengan kesiapan yang tertunda, jumlah drop tegangan dan tanpa sambungan beban, jika tidak tersedia kontrol logika seperti PLC, maka dapat direalisasikan menggunakan sensor proksimiti induktif atau kapasitif, fotolistrik dan sensor ultrasonik, dengan sambungan logika DAN (sambungan seri) atau OR (paralel sambungan).

Praktek telah menunjukkan bahwa, tergantung pada jenis sensor, maksimal 20 sampai 30 sensor dapat dihubungkan secara paralel sistem tiga-kawat. Namun, tergantung pada jenis sensor, maksimal bisa 5 sampai 10 sensor dalam seri.

Dalam sistem dua-kawat maksimal 5 sampai 10 sensor dapat dihubungkan secara paralel, tergantung pada jenis. Sebuah rangkaian seri tidak dianjurkan (mungkin 2 sampai 3 sensor).

Gambar 4.158 Sistem 2-kawat, 3-kawat, dan 4-kawat

Alasan:

Dalam rangkaian paralel, kebocoran arus dari sensor dalam kondisi tidak tersambung ditambahkan.

Dalam rangkaian seri, drop tegangan dari 1 V sampai 2,5 V per sensor bertambah. Hal ini penting untuk memastikan bahwa beban masih dapat bekerja dengan baik.

5.7.3 Rangkuman

5.7.4 Tugas

1. Mengapa enkoder inkremental biasanya memiliki dua output dengan pulsa beruntun?
2. Jelaskan perbedaan antara enkoder inkremental dengan enkoder absolut!
3. Apa yang membedakan Gray-code?
4. Resolusi enkoder 2.500, apa artinya?
5. Jelaskan singkatan NC dan NO!
6. Sebuah sensor optik mode terang, apa artinya ini?
7. Sensor apa yang dapat digunakan sebagai sensor NAMUR dan mengapa?
8. Gambarkan sketsa koneksi paralel dari sensor dalam teknologi dua kawat!

5.7.5 Tes Formatif

5.7.6 Lembar Jawaban Tes Formatif

5.7.7 Lembar Kerja Peserta Didik

BAB VI
PENERAPAN

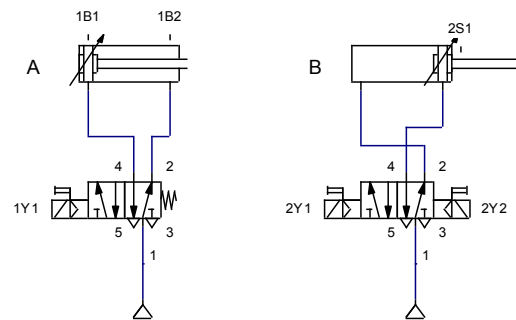
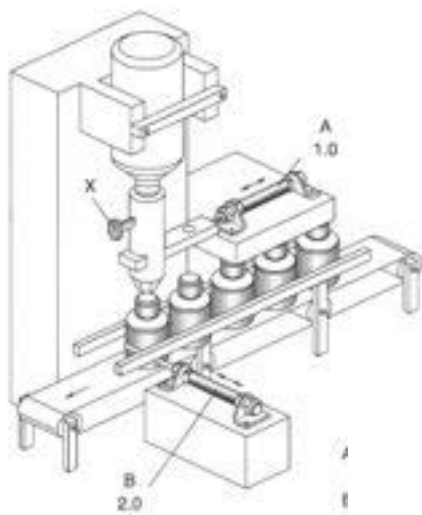
6.1 Knowledge Skills

6.2 Psikomotorik Skills

Soal 1 : Pengisi Botol Obat

Deskripsi Soal :

Botol obat yang sedang berjalan di atas “ban berjalan”, ditahan oleh batang piston silinder B. Silinder A menutup lubang kontainer obat. Jika katup dengan selektor switch diputar, silinder A maju secara perlahan dan kembali lagi. Kapasitas pengisian diatur oleh sekrup X. Setelah itu batang piston silinder B masuk ke dalam dan dengan segera keluar lagi untuk menahan laju botol berikutnya yang akan diisi obat. Kejadian tersebut berulang-ulang sampai selektor switch direset dan gerakan beurutan berakhir.

Urutan Gerakan : A + A – B – B +

Tugas :

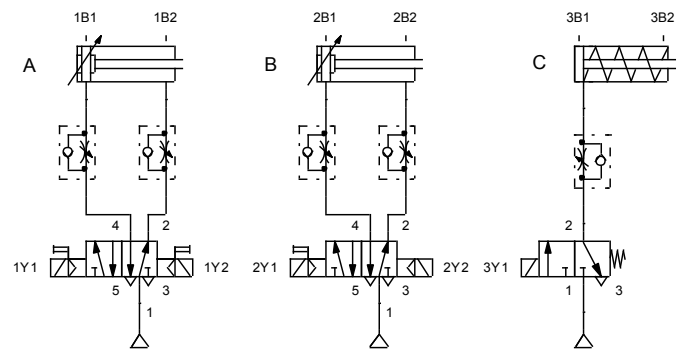
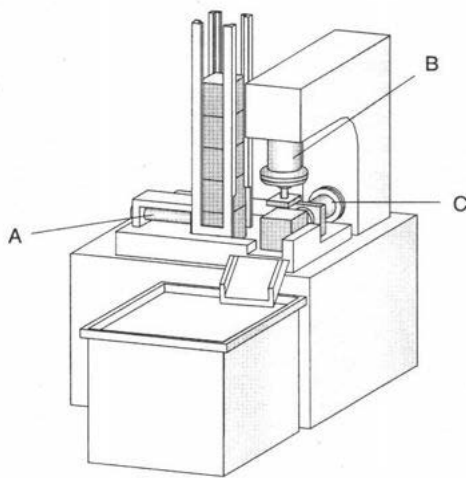
1. Gambarkan diagram gerakan langkah.
2. Gambarkan flow chartnya

Soal 2 : Mesin Stempel

Deskripsi Soal :

Silinder A maju mengeluarkan barang dari “magazine” dan menjepit barang tersebut jika tombol START ditekan. Silinder B menstempel barang tersebut lalu kembali ke tempat semula. Setelah itu silinder A melepas jepitan dan silinder C membuang barang tersebut ke kotak barang. Selama ada benda dan perintah START proses berlangsung terus menerus. Proses berhenti jika tombol START atau sensor benda tidak aktif.

Silinder A dan B menggunakan silinder kerja ganda, sedangkan silinder C menggunakan silinder kerja tunggal.

Urutan Gerakan : A + B + B – A – C + C –

Tugas :

1. Gambarkan diagram gerakan langkah.
2. Gambarkan flow chartnya

Soal 3 : Positioning Unit

Deskripsi Soal :

Using a positioning device, 2 pieces of wood of varying size are to be stamped exactly in the centre. A conveyor belt feeds the pieces of wood - running on the rear guide rail - to a press table. There, sensors B0 and B1 are to

determine the length of the piece of wood and, at the same time, start the operating cycle. (In the case of a short piece of wood only B0 is activated, in the case of a long piece both sensors are activated.)

Cylinder A pushes the piece in to the correct position; this is determined by sensors B3 (S3) and B4(S4). When the piece of wood has been correctly positioned, cylinder A is to return to the end position. (Cylinder A operates with a double solenoid valve with coils 1Y1 and 1Y2)

The piece of wood is then stamped by cylinder B (2Y1). Then, cylinder B is to retract.

Tugas :

1. Gambarkan diagram gerakan langkah.
2. Gambarkan flow chartnya

Soal 4 : Forming device for spectacle frames

Deskripsi Soal :

Spectacle frames a reformed in the middle on an automatic machine. The parts are taken from a magazine (station1) and pushed in to the two working positions by a multi-position cylinder. First the frame is heated in position 2 by a tool which is pushed down by a cylinder and then formed in position 3 by a forming tool.

With both operations, i.e ., heating and forming, it must be possible to obtain a certain adjustable dwell time in the respective end position with the tools. It is not possible to sense the forward end position of the cylinder by means of limit switches. Ejection of the formed parts takes place mechanically when the positioning cylinders return.

Urutan Gerakan : A + C + C – B + D + D – A -
B -

Tugas :

1. Gambarkan diagram gerakan langkah.
2. Gambarkan flow chartnya

Soal 5 : Mesin Pembengkok Plat

Diskripsi Soal :

Plat logam (X) dibengkok dengan menggunakan alat pembengkok. Plat dimasukkan kedalam mesin dengan tangan. Dengan menekan tombol tekan sekali, silinder A menjepit benda kerja. Silinder B membengkok ujung plat 90^0 dan kembali dengan segera. Silinder C mengakhiri proses pembengkokan. Setelah itu, silinder A dan C kembali secara serentak.

Urutan Gerakan : A + B + B - C + A –
C –

Tugas :

1. Gambarkan diagram gerakan langkah.
2. Gambarkan flow chartnya

6.3 Attitude Skillls

6.4 Produk/Benda Kerja Sesuai Kriteria Standar

DAFTAR PUSTAKA

Bartenschlager. J., dkk. *Fachkunde Mechatronik*. Europe-Lehrmittel. Haan-Gruiten. Germany. 2012.

Croser. P. *Pneumatics. Basic Level Textbook.* Esslingen. Festo Didactic. 1989.

Croser. P. *Pneumatik. Tingkat Dasar.* Jakarta. Festo Didactic. PT. Nusantara Cybernetic Eka Perdana. 1994.

Ebel. F., Nestel. S. *Proximity Sensors FP 1110. Textbook.* Festo Didactic. Esslingen. 1992.

Hasebrink. J.P., Kobler. R. *Fundamentals of Pneumatic Control Engineering – Textbook.* Esslingen. Festo Didactic. 1989.

Jurgen Ehnert. *Tabellen Mechatronik.* Westermann. Braunschweig. 2000.

Löffler. C., Merkle. D., Prede. G., Rupp. K., Scholz. D. *Electrohydraulics.* Text Book. Festo Didactic GmbH & Co. KG. Denkendorf. Germany. 2006

Merkle. D, Schrader. B., Thomes. M. *Hyraulics Basic Level.* Text book. Festo Didactic GmbH & Co. KG. Denkendorf. Germany. 2003

Meixner. H., Kobler. R. *Maintenance of Pneumatic Equipment and System*. Esslingen. Festo Didactic. 1988.

Meixner, Sauer. E. *Training System in Control Technology Electropneumatics.* Festo Didactic. 1984.

Siemens Technical Education Program. *Basic of Electricity.* Material Courses. Siemens nergy & Automation. 2000.

Soleh. M., Sudaryono, Agung. S. *Sistem Pneumatik dan Hidrolik*. BSE. PSMK. 2009

Thomson. P.J. *Electro-Pneumatics Basic Level TP 201 Textbook.* Esslingen. Festo Croser Didactic. 1991.

Thomas. K., Dines. G. *Dasar-Dasar Pneumatik.* Jakarta. Penerbit Erlangga. 1993.

Werner. D., Kurt. S. *Pneumatic Control.* Wurzburg. Vogel-Verlag. 1987.

Werner. D., Kurt. S. *Cutting Cost with Pneumatics.* Vogel-Verlag. 1988.